

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application: 2 0 0 4 年 1 2 月 2 7 日

出 願 番 号
Application Number: 特 願 2 0 0 4 - 3 7 8 2 6 6

パリ条約による外国への出願
に用いる優先権の主張の基礎
となる出願の国コードと出願
番号

The country code and number
of your priority application,
to be used for filing abroad
under the Paris Convention, is

J P 2 0 0 4 - 3 7 8 2 6 6

出 願 人
Applicant(s): アン リ ツ 株 式 会 社

2 0 0 5 年 7 月 6 日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

小 川



【書類名】	付訂願
【整理番号】	A000406853
【提出日】	平成16年12月27日
【あて先】	特許庁長官 殿
【国際特許分類】	G02B 6/12 G02F 1/035
【発明者】	
【住所又は居所】	神奈川県厚木市恩名1800番地 アンリツ株式会社内
【氏名】	河野 健治
【発明者】	
【住所又は居所】	神奈川県厚木市恩名1800番地 アンリツ株式会社内
【氏名】	名波 雅也
【発明者】	
【住所又は居所】	神奈川県厚木市恩名1800番地 アンリツ株式会社内
【氏名】	齋藤 誠
【発明者】	
【住所又は居所】	神奈川県厚木市恩名1800番地 アンリツ株式会社内
【氏名】	中平 徹
【発明者】	
【住所又は居所】	神奈川県厚木市恩名1800番地 アンリツ株式会社内
【氏名】	佐藤 勇治
【発明者】	
【住所又は居所】	神奈川県厚木市恩名1800番地 アンリツ株式会社内
【氏名】	内田 靖二
【特許出願人】	
【識別番号】	000000572
【氏名又は名称】	アンリツ株式会社
【代理人】	
【識別番号】	100058479
【弁理士】	
【氏名又は名称】	鈴江 武彦
【電話番号】	03-3502-3181
【選任した代理人】	
【識別番号】	100091351
【弁理士】	
【氏名又は名称】	河野 哲
【選任した代理人】	
【識別番号】	100088683
【弁理士】	
【氏名又は名称】	中村 誠
【選任した代理人】	
【識別番号】	100084618
【弁理士】	
【氏名又は名称】	村松 貞男
【選任した代理人】	
【識別番号】	100092196
【弁理士】	
【氏名又は名称】	橋本 良郎

【元の山類に基つて、復元推定版】

【出願番号】 特願2004-177074
【出願日】 平成16年 6月15日

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 011567
【納付金額】 16,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 特許請求の範囲 1
【物件名】 明細書 1
【物件名】 図面 1
【物件名】 要約書 1
【包括委任状番号】 9105972

【請求項 1】

電気光学効果を有する基板（１）と、光を導波するための光導波路（２）と、前記光を変調するための電圧を印加する中心電極（４）及び接地電極（５ a、５ b）とを具備し、前記光導波路は、前記光を入射するための入力光導波路（２ a）と、前記入力光導波路に入射した光を分岐する分岐光導波路（２ b）と、前記中心電極と前記接地電極との間に前記電圧を印加することにより前記光の位相を変調するための相互作用光導波路（２ c－１、２ c－２）と、前記相互作用光導波路を伝搬した前記光を合波する合波光導波路（２ d）と、合波点（２ h）を介して前記合波光導波路に接続されている出力光導波路（２ f）とから構成されていて、位相変調された光が前記合波光導波路において合波されて生成される高次モードが前記出力光導波路をほとんど伝搬せずに前記基板内に前記合波点から放射光（６ a、６ b）として放射される光変調器と、

前記光変調器の前記基板内に前記合波点から放射される前記放射光（６ a、６ b）を検出するモニタフォトディテクタ（１ １）とを具備するモニタフォトディテクタ付き光変調器において、

前記モニタフォトディテクタを実装するためのスペースを確保できるように、前記基板の前記出力光導波路側の基板端部（１ a）における前記放射光の光軸と前記出力光導波路の端（２ g）とが所定距離離れて位置するように、前記出力光導波路が変形して形成されていることを特徴とするモニタフォトディテクタ付き光変調器。

【請求項 2】

前記出力光導波路が、前記基板の長手方向と直交する方向における前記合波点（２ h）の位置と前記出力光導波路の端（２ g）の位置とが異なって形成されていることを特徴とする請求項 1 記載のモニタフォトディテクタ付き光変調器。

【請求項 3】

前記光導波路がマッハツェンダ型光導波路であることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載のモニタフォトディテクタ付き光変調器。

【請求項 4】

前記モニタフォトディテクタを前記基板端部近傍に具備することを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれかーに記載のモニタフォトディテクタ付き光変調器。

【請求項 5】

前記モニタフォトディテクタを空間を介して具備していることを特徴とする請求項 4 記載のモニタフォトディテクタ付き光変調器。

【請求項 6】

前記放射光が前記基板から出射された後、ミラー（１ ２）により光路を変更されて前記モニタフォトディテクタに入射することを特徴とする請求項 1 乃至 3、および請求項 5 のいずれかーに記載のモニタフォトディテクタ付き光変調器。

【請求項 7】

前記放射光が前記基板端部近傍に固定された誘電体キャピラリー（１ ０ d）を通過して出射された後、前記モニタフォトディテクタに入射することを特徴とする請求項 1 乃至 3、および請求項 5 のいずれかーに記載のモニタフォトディテクタ付き光変調器。

【請求項 8】

前記合波光導波路（２ d）の合波点（２ h）から放射された前記放射光（６ a、６ b）の一方が前記基板端部（１ a）に向かって伝搬する間に減衰するように、前記合波点（２ h）と前記基板の前記出力光導波路側の基板端部（１ a）の間に、光のパワーが減衰する機構を設けたことを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれかーに記載のモニタフォトディテクタ付き光変調器。

【請求項 9】

前記モニタフォトディテクタがフォトダイオードでなることを特徴とする請求項 1 乃至 8 のいずれかーに記載のモニタフォトディテクタ付き光変調器。

【発明の名称】 モニタフォトディテクタ付き光変調器

【技術分野】

【0001】

本発明はモニタフォトディテクタ付き光変調器に係り、特に、モニタフォトディテクタの実装を容易にするともに、小型で動作状態が安定なモニタフォトディテクタ付き光変調器に関する。

【背景技術】

【0002】

周知のように、光変調器において、リチウムナイオベート (LiNbO_3) のように電界を印加することにより屈折率が変化する、いわゆる電気光学効果を有する基板（以下、リチウムナイオベート基板をLN基板と略す）に光導波路と進行波電極を形成した進行波電極型リチウムナイオベート光変調器（以下、LN光変調器と略す）は、その優れたチャープング特性から 2.5 Gbit/s 、 10 Gbit/s の大容量光伝送システムに適用されている。

【0003】

このようなLN光変調器は、最近ではさらに 40 Gbit/s の超大容量光伝送システムにも適用が検討されており、大容量光伝送システムにおけるキーデバイスとして期待されている。

【0004】

図12は、例えば、特許文献1に開示されている第1の従来技術によるLN光変調器の構成を示す斜視図である。図中、参照符号1はZカットLN基板、参照符号2はTiを熱拡散して形成したマッハツェンダ型の光導波路であり、参照符号2aは入力光導波路、参照符号2bはY分岐型の分岐光導波路、参照符号2c-1と2c-2は相互作用光導波路、参照符号2dはY分岐型の合波光導波路、参照符号2eは出力光導波路、参照符号2gは出力光導波路の端部である。

【0005】

また、図中、参照符号3は電気信号源、参照符号4は進行波電極の中心電極、参照符号5aと5bは接地電極、参照符号6aと6bは後述のように光信号がOFF状態の場合に発生する放射光、参照符号7は信号光用単一モード光ファイバ、参照符号8は放射光受光用光ファイバ、参照符号11は、例えば、フォトダイオードからなるモニタフォトディテクタ、参照符号9は、モニタフォトディテクタ11からの後述する放射光検出信号に基づいてバイアス電源DCの動作点およびLN光変調器の動作点を調整するバイアスコントローラを含む放射光検出手段である。

【0006】

図13は、図12に示すように構成されるLN光変調器の動作原理を説明するために示す図である。図13の(a)、(b)は光導波路2の動作説明図であり、図13の(c)はLN光変調器の側面図を示している。

【0007】

図12と図13を用いて、LN光変調器の動作について説明する。入力光導波路2aに入射した光は分岐光導波路2bにおいて2分割される。電気信号源3からの電気信号が進行波電極の中心電極4と、接地電極5a、5bに印加されない場合には、図13の(a)に示すように、光は相互作用光導波路2c-1、2c-2を同相で伝搬する。その後、光は合波光導波路2dにより合波されて基本モードとして出力光導波路2eを伝搬し、最後に、光は信号光用単一モード光ファイバ7に出射される。これをON状態と呼ぶ。なお、合波光導波路2dが出力光導波路2fと接合している箇所を合波点2hと呼ぶ。

【0008】

一方、電気信号源3からの電気信号が進行波電極の中心電極4と、接地電極5a、5bに印加された場合には、図13の(b)に示すように、光は相互作用光導波路2c-1、2c-2を逆位相で伝搬する。その後、光は合波光導波路2dにより合波されて1次の高

ハモードルが形成される。通常、この上側の同ハモードルがカットオフとなるように、出力光導波路 2 e が設計されている。

【0009】

従って、この 1 次の高次モード光は出力光導波路 2 e を伝搬できないために、放射光 6 a、6 b として基板の水平方向に 0.7 度、図 13 の (c) に示すように、深さ方向に 0.9 度という小さな角度をもって基板内に放射され、基板内を広がりながら伝搬する。これを OFF 状態と呼ぶ。

【0010】

図 14 に示す電圧－光出力特性において、図示実線の曲線はある状態での LN 光変調器の電圧－光出力特性であり、V b はその際の DC バイアス電圧である。

【0011】

この図 14 に示すように、通常、DC バイアス電圧 V b は光出力特性の山と底の midpoint に設定される。

【0012】

一方、温度変動など何らかの原因により図 14 の破線のように電圧－光出力特性が変化した場合には、バイアス点を V b ' のように設定変更する必要がある。

【0013】

この第 1 の従来技術では、この放射光を放射光受光用光ファイバ 8 で受光・伝搬した後、例えば、フォトダイオードからなるモニタフォトディテクタ 11 に入射させることにより電流に変換している。バイアスコントローラを含む放射光検出手段 9 は、この電流の大きさにより電圧－光出力特性の変化を検知し、バイアス電源 DC による DC バイアス電圧の最適バイアス点を見出している。

【特許文献 1】特開平 3－145623 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0014】

しかしながら、以上のように構成した LN 光変調器においても以下のような問題点がある。放射光は、実際には図 13 の (b)、(c) に示すように、基板の水平方向に 0.7 度、深さ方向に 0.9 度の小さな角度をもって基板内の下方に出射されるので、放射光受光用光ファイバ 8 は信号光用単一モード光ファイバ 7 に非常に近くまた信号光用単一モード光ファイバ 7 よりもほんの僅かだけ低い位置に配置する必要がある。

【0015】

ここで、図 15 は、信号光用単一モード光ファイバ 7 側から見た光信号の OFF 状態の様子を示している。図 13 の (b) において、例えば、出力光導波路 2 e の光軸方向の長さを 4 mm とすると、前述のように放射光の水平方向の伝搬角度はわずか 0.7 度であるから、信号光用単一モード光ファイバ 7 と放射光 6 a あるいは放射光 6 b との間隔は約 50 μ m と極めて狭く、信号光用単一モード光ファイバ 7 と放射光受光用光ファイバ 8 とを実装することは非常に難しい。

【0016】

これを図 16 を用いて説明する（例えば、特許文献 1 の図 9 参照）と、図中、参照符号 7 a は信号光用単一モード光ファイバのコア、参照符号 8 a は放射光受光用光ファイバのコア、参照符号 10 a はキャピラリー（誘電体からなるキャピラリーで、一般的にはガラス材が知られているが、セラミックなどその他の材料でも良い）を示している。

【0017】

そして、キャピラリー 10 a に信号光用単一モード光ファイバ 7 用とは別に穴を開けて、放射光受光用光ファイバ 8 をその穴に固定している。こうして、信号光用単一モード光ファイバ 7 のコア 7 a には信号光を結合するように、放射光受光用光ファイバ 8 のコア 8 a には放射光 6 b（あるいは、6 a）が結合するように、それぞれの位置関係を調整して固定する。

【0018】

以上説明したように、第1の従来技術によるLN光変調器は、信号光と放射光の間の距離が $50\mu\text{m}$ 程度と極めて小さいため、信号光用単一モード光ファイバ7のコア7aには信号光を結合させ、かつ放射光受光用光ファイバ8のコア8aには放射光を結合させるという実装が必要となり、その実装は極めて困難であるため、実装が容易な構造のLN光変調器の開発が望まれている。

【0019】

通常、この実装の困難さを回避するためには、信号光と放射光の間の両者の距離を広げることが考えられる。

【0020】

ところで、信号光と放射光の間の両者の距離を広げる考えとは別に、放射光を信号光に干渉させることで、干渉パターンを信号光から遠方に形成する発明が開示されている（例えば、特許文献2参照）。しかし、放射光と信号光が干渉するということは、つまり信号光が減衰することを意味しており、その結果、信号光の損失増加につながるか、あるいはあくまで干渉であるので信号光が影響できる範囲にのみ、つまり信号光に比較的近い領域にしか干渉パターンを形成することができないという問題点があり、上記課題の解決には至っていないというのが実情である。

【特許文献2】特開平10-228006号公報 以上のように、キャピラリー10aに信号光用単一モード光ファイバ7と放射光受光用光ファイバ8の両方を実装することは極めて困難なことである。そこで、放射光受光用光ファイバ8を用いる代わりに、キャピラリー10aを通過した後の放射光をモニタフォトダイオード等のモニタフォトディテクタ11で受光する場合を考える。

【0021】

この場合、z-カットLN基板1とキャピラリー10aの屈折率を各々2.14と1.45とすると、放射光はキャピラリー10aの中を $\pm 0.7^\circ \times 2.14 / 1.45 = \pm 1.0^\circ$ の屈折角度で伝搬するので、放射光はキャピラリー10aの中に固定した信号光用単一モード光ファイバ7の極めて近くを伝搬するため、モニタフォトダイオード等のモニタフォトディテクタ11を実装することは事実上困難である。

【0022】

図17は、これらの問題を解決する構造として、第2の従来技術によるLN光変調器を示している。この第2の従来技術によるLN光変調器では、z-カットLN基板1を伝搬して来た放射光6a、6bをさらに後端が傾斜されているキャピラリー10bの中を放射光6c、6dとして伝搬させる。

【0023】

ここで、キャピラリー10bの後端傾斜面に、予め、誘電体多層膜14を堆積しておくことにより、光を全反射させて外部に出し、それをモニタフォトダイオード等のモニタフォトディテクタ11を用いて受光し、電流に変換する。

【0024】

ところが、この第2の従来技術によるLN光変調器には重要な問題点がある。以下、この問題点について考察する。まず、放射光6a、6bが基板端面1aを通過した後、モニタフォトダイオード等のモニタフォトディテクタ11に達するまでの光路長について考える。

【0025】

放射光6cの場合には、基板端面1aを通過後にキャピラリー10bの中を L_1 の距離を伝搬した後、キャピラリー10aの後端傾斜面の誘電体多層膜14において反射され、さらにキャピラリー10aの中を上方に L_2 の距離を伝搬する。その後、空気中を L_3 の距離を伝搬し、モニタフォトダイオード等のモニタフォトディテクタに達する。キャピラリー10aの屈折率を n_c とすると、放射光6cの光学的な全光路長 L_{6c} は $L_{6c} = n_c L_1 + n_c L_2 + L_3$ となる。

【0026】

一方、放射光6dの場合には、基板端面1aを通過後にキャピラリー10bの中を L_4

の距離を伝搬した後、キャピラリー 10 a の後端傾斜面の誘電体多層膜 14 において反射され、さらにキャピラリー 10 a の中を上方に L_5 の距離を伝搬する。その後、空气中を L_6 の距離を伝搬し、フォトダイオード等のモニタフォトディテクタ 11 に達する。放射光 6 d の光学的な全光路長 L_{6d} は $L_{6d} = n_c L_4 + n_c L_5 + L_6$ となる。

【0027】

一方、放射光 6 a、6 b はキャピラリー 10 a の中を互いに異なった角度 $\pm 1.0^\circ$ で伝搬し、キャピラリー 10 a の後端傾斜面の誘電体多層膜 14 において上方に反射された後、モニターフォトダイオード等のモニタフォトディテクタ 11 へ入射するときに、放射光 6 c、6 d は図 18 に示すように、互いに重なり合い、干渉する。

【0028】

ここで、放射光 6 c、6 d の位相が約 180 度異なっている様子を図 19 に示す。放射光 6 c と 6 d の位相が互いに 180 度異なっている場合には、図 20 の (a) に示すようにそれらの重なり部にはそのパワーが零となる箇所がある。

【0029】

ところが、キャピラリー 10 a の屈折率 n_c は温度により変化するので、放射光 6 c、6 d がモニタフォトダイオード等のモニタフォトディテクタ 11 に入射する際の両光路長 L_{6c} と L_{6d} は温度により変化することになる。その結果、放射光 6 c、6 d の位相差は 180 度とは異なってくる。そのため、放射光 6 c、6 d を重ねた結果、図 20 の (b) に示すように、放射光 6 c と 6 d の重なり部はどの箇所においても零とはならないことになる。

【0030】

換言すると、図 18 から図 20 に示した放射光 6 c と 6 d の重なり部分の光の強度が温度とともに変化してしまい、LN 光変調器の DC バイアスコントロールに支障が生じることになる。

【0031】

また、図 16 に示した第 1 の従来技術におけるキャピラリー 10 a の場合と同様に、この第 2 の従来技術においてもキャピラリー 10 b には信号光用単一モード光ファイバ 7 を実装する必要がある。また、いずれのキャピラリー 10 a、10 b でも信号光用単一モード光ファイバ 7 の実装を容易にするために、キャピラリー 10 a と 10 b の後端に信号光用単一モード光ファイバ 7 の外形よりも大きなガイド用のザグリを入れておくことが望ましい。

【0032】

しかるに、いずれのキャピラリー 10 a、10 b でもその中の信号光用単一モード光ファイバ 7 の近傍を放射光が伝搬するために、キャピラリー 10 a と 10 b の後端にそのようなガイド用のこのザグりを設けることはできない。

【0033】

図 21 は、これらの問題を解決する構造として、第 3 の従来技術による LN 光変調器を示している。この第 3 の従来技術による LN 光変調器では、放射光 6 c のみをモニタフォトダイオード等のモニタフォトディテクタ 11 により受光するために、キャピラリー 10 c を図 19 に示すように加工し、放射光 6 d がモニタフォトダイオード等のモニタフォトディテクタ 11 には入射しないように工夫している。なお、キャピラリー 10 c を半分切り欠くことにより信号光用単一モード光ファイバ 7 の実装のガイドをすることが可能となる。

【0034】

しかしながら、この第 3 の従来技術による LN 光変調器の構造では、キャピラリー 10 c を複雑な構造に加工する必要があるとともに、図 17 に示した第 2 の従来技術による LN 光変調器のキャピラリー 10 b と同じく、キャピラリー 10 c の後端傾斜面に光を全反射させるための誘電体多層膜 15 などを堆積する必要があり、光変調器全体としての製作のコストがますます高くなってしまいうという問題がある。

【0035】

また、この第1の従来技術によるシリコン光変調器の構成では、モノフォトリソ法でのモニタフォトディテクタ11により受光できる光は、放射光6cのみなので、受光パワーが半減してしまうという問題点もある。

【特許文献3】特願2000-101316号公報　そこで、本発明は、以上のような従来技術による問題点を解消して、モニタフォトディテクタの実装を容易にするために、小型で動作状態が安定なモニタフォトディテクタ付き光変調器を提供することを目的としている。

【課題を解決するための手段】

【0036】

上記課題を解決するために、本発明の請求項1によれば、

電気光学効果を有する基板(1)と、光を導波するための光導波路(2)と、前記光を変調するための電圧を印加する中心電極(4)及び接地電極(5a、5b)とを具備し、前記光導波路は、前記光を入射するための入力光導波路(2a)と、前記入力光導波路に入射した光を分岐する分岐光導波路(2b)と、前記中心電極と前記接地電極との間に前記電圧を印加することにより前記光の位相を変調するための相互作用光導波路(2c-1、2c-2)と、前記相互作用光導波路を伝搬した前記光を合波する合波光導波路(2d)と、合波点(2h)を介して前記合波光導波路に接続されている出力光導波路(2f)とから構成されていて、位相変調された光が前記合波光導波路において合波されて生成される高次モードが前記出力光導波路をほとんど伝搬せずに前記基板内に前記合波点から放射光(6a、6b)として放射される光変調器と、

前記光変調器の前記基板内に前記合波点から放射される前記放射光(6a、6b)を検出するモニタフォトディテクタ(11)とを具備するモニタフォトディテクタ付き光変調器において、

前記モニタフォトディテクタを実装するためのスペースを確保できるように、前記基板の前記出力光導波路側の基板端部(1a)における前記放射光の光軸と前記出力光導波路の端(2g)とが所定距離離れて位置するように、前記出力光導波路が変形して形成されていることを特徴とするモニタフォトディテクタ付き光変調器が提供される。

【0037】

また、本発明の請求項2によれば、

前記出力光導波路が、前記基板の長手方向と直交する方向における前記合波点(2h)の位置と前記出力光導波路の端(2g)の位置とが異なって形成されていることを特徴とする請求項1記載のモニタフォトディテクタ付き光変調器が提供される。

【0038】

また、本発明の請求項3によれば、

前記光導波路がマッハツェンダ型光導波路であることを特徴とする請求項1または2に記載のモニタフォトディテクタ付き光変調器が提供される。

【0039】

また、本発明の請求項4によれば、

前記モニタフォトディテクタを前記基板端部近傍に具備することを特徴とする請求項1乃至3のいずれか一に記載のモニタフォトディテクタ付き光変調器が提供される。

【0040】

また、本発明の請求項5によれば、

前記モニタフォトディテクタを空間を介して具備していることを特徴とする請求項4記載のモニタフォトディテクタ付き光変調器が提供される。

【0041】

また、本発明の請求項6によれば、

前記放射光が前記基板から出射された後、ミラー(12)により光路を変更されて前記モニタフォトディテクタに入射することを特徴とする請求項1乃至3、および請求項5のいずれか一に記載のモニタフォトディテクタ付き光変調器が提供される。

【0042】

また、本発明の請求項 1 によれば、

前記放射光が前記基板端部近傍に固定された誘電体キャピラリー（10 d）を通過して出射された後、前記モニタフォトディテクタに入射することを特徴とする請求項 1 乃至 3、および請求項 5 のいずれかーに記載のモニタフォトディテクタ付き光変調器が提供される。

【0043】

また、本発明の請求項 8 によれば、

前記合波光導波路（2 d）の合波点（2 h）から放射された前記放射光（6 a、6 b）の一方が前記基板端部（1 a）に向かって伝搬する間に減衰するように、前記合波点（2 h）と前記基板の前記出力光導波路側の基板端部（1 a）の間に、光のパワーが減衰する機構を設けたことを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれかーに記載のモニタフォトディテクタ付き光変調器が提供される。

【0044】

また、本発明の請求項 9 によれば、

前記モニタフォトディテクタがフォトダイオードでなることを特徴とする請求項 1 乃至 8 のいずれかーに記載のモニタフォトディテクタ付き光変調器が提供される。

【発明の効果】

【0045】

本発明によれば、フォトダイオード等のモニタフォトディテクタを容易に実装するためのスペースを確保することができるように、信号光を出力が伝搬するための出力光導波路を曲げる等して変形させて、出力光導波路の光軸を基板表面方向において Y 分岐型の合波光導波路の合波点から LN 基板の表面に平行な方向に位置的にずらしており、基板端面部における信号光と放射光との間の距離を大きくしている。

【0046】

これにより、信号光を効率良く信号光用単一モード光ファイバに結合させつつ、放射光を受光しやすくすることが可能となる。

【0047】

また、本発明では基本的に光の反射を利用することを要求されないので、反射光同士の干渉による光の強度変化はないので、受光電流を安定して得ることができる。

【0048】

また、2つの放射光の両方を受光電流に変換することも可能であり、この場合には大きな受光電流を得ることができる。信号光を伝搬する出力光導波路を位置的にずらすだけで良いので、信号光と放射光の干渉を使用する場合よりも信号光と放射光の距離をより大きくできる。さらに、信号光と放射光の干渉を使用しないので信号光の損失が増加するということもほとんどないという利点がある。

【発明を実施するための最良の形態】

【0049】

以下、本発明によるモニタフォトディテクタ付き光変調器の実施形態について図 1 乃至 11 を参照して説明するが、図 12 に示した第 1 の従来技術と同一番号は同一機能部に対応しているため、ここでは同じ番号を持つ機能部の説明を省略する。

【0050】

〔第 1 実施形態〕

図 1 は、本発明によるモニタフォトディテクタ付き光変調器の第 1 の実施形態として適用される LN 光変調器の構成を示す斜視図である。図 2 は、図 1 の側面図として後述する信号光用単一モード光ファイバ 7 側から見た側面図を示している。図 3 は、図 1 の上面図を示している。

【0051】

すなわち、本発明によるモニタフォトディテクタ付き光変調器の第 1 の実施形態として適用される LN 光変調器は、図 12 に示した第 1 の従来技術による LN 光変調器と同じく放射光 6 a、6 b は基板の水平方向に 0.7 度、深さ方向に 0.9 度の角度という小さな

【0052】

ここで、本発明の第1の実施形態として適用されるLN光変調器においては、出力光導波路2fを変形させて、出力光導波路2fの光軸を基板表面方向においてY分岐型の合波光導波路2dの合波点2hからLN基板1の表面に平行な方向に所定量だけ位置的にずらしている。

【0053】

つまり、図3に示すように出力光導波路2fの光軸は一旦真っ直ぐに進んだ後、例えば、略逆S字状に変形した後、再び真っ直ぐに延びて基板端面1aまで形成されている。基板端面部には信号光用単一モード光ファイバ7が固定されたキャピラリー10dが配置されている。このように、出力光導波路2fの光軸を変形することにより、出力光導波路2fの光軸と放射光6a、6bの伝搬方向を位置的に離れるようにしている。

【0054】

これにより、信号光用単一モード光ファイバ7とは独立にフォトダイオード等のモニタフォトディテクタ11を容易に実装することが可能となる。

【0055】

この第1の実施形態においては、放射光6eはキャピラリー10dを通過している。つまり、キャピラリー10dの後端において反射をさせる必要はないので、図17や図21に示した第2および第3の従来技術において必要になるキャピラリー10b、10cの後端を傾斜面として反射膜も施す必要がない。

【0056】

なお、出力光導波路2fは基板端面1aと垂直の関係にある必要はないことは言うまでもない。

【0057】

また、フォトダイオード等のモニタフォトディテクタ11により受光する放射光6eは信号光用単一モード光ファイバ7から距離的に離れた場所を伝搬するので、キャピラリー10dの後端に信号光用単一モード光ファイバ7を導入するためのガイド用のザグリを設けることが可能となり、キャピラリー10dへの信号光用単一モード光ファイバ7の実装が容易となる。

【0058】

これにより、この第1の実施形態によるLN光変調器においては、キャピラリー10dに反射膜を形成する必要がないとともに、キャピラリー10dに対してガイド用のザグリも設けることができるので、光変調器としてのコストを低減することが可能となる。

【0059】

なお、図3からわかるように、この第1の実施形態の場合では、出力光導波路2fと放射光6bが上面から見て水平方向に近づいている。つまり、本発明の第1の実施形態および後述する各実施形態による光変調器においては、出力光導波路2fを水平方向に位置的にずらすことにより、放射光と出力光導波路2fを伝搬する信号光の干渉を避けるために、出力光導波路2fを水平方向に位置的にずらしているのではないことを述べておく。

【0060】

さらに、本発明の第1の実施形態によるLN光変調器では、特許文献2のように放射光6aを信号光に干渉させる手段と比べ、信号光の損失増加がほとんどないとともに、信号光用単一モード光ファイバ7と放射光6aの間の距離は、出力光導波路2fのパターン形成により図2に示したパターンにとらわれず自由に設定できる。

【0061】

なお、本実施形態では、放射光6eのみをモニタフォトダイオード11により受光しており、放射光6fは空間に放射しているが、放射光6fも受光することも可能である。

【0062】

図4は、放射光6e、6fが空間を伝搬した際の放射パターンを示しており、放射光6e、6fの干渉部が存在していない。

【 0 0 6 3 】

これは、図 3 に示すように、放射光 6 e、6 f はマッハツェンダ光導波路 2 を構成する Y 分岐型の合波光導波路 2 d の合波点 2 h において生成された高次モードであり、高次モード、つまり放射モード光 6 a、6 b はその生成時には互いの干渉がないことによっている。

【 0 0 6 4 】

ところが、第 2 の従来技術による光変調器では、図 1 7 において説明したように、キャピラリー 1 0 b の後端傾斜面における誘電体多層膜 1 4 における角度と光路長の異なった反射のために、重なり部が生じ、干渉してしまうことになる。つまり、放射光 6 e と放射光 6 f は位相が π だけ異なっているので、干渉しやすいことに注意する必要がある。

【 0 0 6 5 】

これに対し、この第 1 の実施形態では反射を用いていず、かつ放射光 6 e と 6 f がキャピラリー 1 0 d を通過する際の幾何学的な全光路長は互いに等しいので、放射光 6 e と 6 f とが干渉することはないという利点がある。

【 0 0 6 6 】

【第 2 実施形態】

図 5 は、本発明によるモニタフォトディテクタ付き光変調器の第 1 の実施形態として適用される LN 光変調器の要部の構成を示す上面図である。

【 0 0 6 7 】

この第 1 の実施形態においては、基板端面 1 a 付近の出力光導波路 2 f が基板端面 1 a に対して斜めになるように形成されているため、信号光用単一モード光ファイバ 7 も斜めに固定されているので、フォトダイオード等のモニタフォトディテクタ 1 1 を置くためのスペースが広がる。

【 0 0 6 8 】

この場合にも、2 つの放射光 6 e、6 f がフォトダイオード等のモニタフォトディテクタ 1 1 に入射する前に、反射を経験することがなく、またキャピラリー 1 0 d 内における 2 つの放射光 6 e、6 f の光学的な位相もほぼ等しいので、図 1 7 に示した第 2 の従来技術と異なり、放射光 6 e、6 f 間における干渉も生じない。

【 0 0 6 9 】

その結果、この第 1 の実施形態においては、図 1 9 に示した放射光 6 c のみしか受光しない第 3 の従来技術と比較して、DC バイアスコントロールに使用できる光電流が倍化するという優れた利点がある。

【 0 0 7 0 】

【第 3 実施形態】

図 6 は、本発明によるモニタフォトディテクタ付き光変調器の第 3 の実施形態として適用される LN 光変調器の構成を示す斜視図である。図 7 は、図 6 の側面図として後述する信号光用単一モード光ファイバ 7 側から見た側面図を示している。

【 0 0 7 1 】

この第 3 の実施形態による LN 光変調器において、進行波電極の中心電極 4 と接地電極 5 a、5 b 間に電気信号が印加されない場合、相互作用光導波路 2 c-1、2 c-2 を伝搬してきた光は合波光導波路 2 d において合波され、ON 状態の光として出力光導波路 2 f に出射・伝搬する。

【 0 0 7 2 】

また、この第 3 の実施形態による LN 光変調器において、図 1 2 に示した第 1 の従来技術と同じく放射光 6 a、6 b は、基板の水平方向に 0.7 度、深さ方向に 0.9 度の角度という小さな角度をもって基板を伝搬する。

【 0 0 7 3 】

ここで、重要なことは本発明の第 3 の実施形態による LN 光変調器においては、出力光導波路 2 f を変形させて、出力光導波路 2 f の光軸を基板表面方向において Y 分岐型の合波光導波路 2 d の合波点 2 h から LN 基板 1 の表面に平行な方向に位置的に大きくずらし

いる点にある。

【0074】

そのため、この第3の実施形態によるLN光変調器においては、LN基板端面1aにおける出力光導波路2gと放射光6a、6bは、LN基板1の表面に平行な方向にて位置的に離れた位置に形成している。

【0075】

従って、この第3の実施形態によるLN光変調器においては、図16に示す第1の従来技術の場合とは異なり、キャピラリー10dに固定した信号光用単一モード光ファイバ7から距離的に大きく離れた場所で放射光をモニタすることができ、信号光用単一モード光ファイバ7を実装することと、バイアス電圧をコントロールするためのフォトダイオード等のモニタフォトディテクタ11を実装することとが極めて容易となる。

【0076】

次に、この第3の実施形態によるLN光変調器の具体的な構造を説明する。図8に示すように、出力光導波路2fの光軸は一旦真っ直ぐに進んだ後、曲率Rで大きく変形している。そして、略逆S字状に変形した後、再び真っ直ぐに延びて基板端面1aまで形成されている。基板端面部には、フォトダイオード等のモニタフォトディテクタ11、及び信号光用単一モード光ファイバ7が固定されたキャピラリー10dが配置されている。

【0077】

このように、出力光導波路2fの光軸を大きく変形することにより、出力光導波路2fの光軸と放射光6a、6bの伝搬方向を位置的に大きく離れるようにしている。

【0078】

これにより、この第3の実施形態によるLN光変調器では、信号光用単一モード光ファイバ7とは独立にフォトダイオード等のモニタフォトディテクタ11を実装することが可能となる。さらに、特許文献2のように放射光6aを信号光に干渉させる手段と比べ、信号光の損失増加がほとんどないとともに、信号光用単一モード光ファイバ7と放射光6aの間の距離は、出力光導波路2fのパターン形成により図6に示したパターンにとらわれず自由に設定できる。

【0079】

なお、この第1の実施形態の場合には、出力光導波路2fの光軸と放射光6a、6bの伝搬方向の離れる距離を約500 μ mとしているが、その距離は必要に応じて1mmあるいはそれ以上と大きく設定することができる。

【0080】

また、この第1の実施形態では、放射光6eのみをフォトダイオード等のモニタフォトディテクタ11により受光しており、放射光6bは放射光6fとして空間に放射しているが、放射光6fも受光することも可能である。

【0081】

なお、図17に示した第2の従来技術において説明したように、放射光6eと放射光6fは位相が π だけ異なっているので干渉しやすいことに注意する必要があるが、本実施形態では反射を用いていないので、放射光6eと6fとが干渉することはないという利点がある。

【0082】

【第4実施形態】

図9は、本発明によるモニタフォトディテクタ付き光変調器の第4の実施形態として適用されるLN光変調器の要部の構成を示す上面図である。

【0083】

この第4の実施形態においては、フォトダイオード等のモニタフォトディテクタ11の設置位置が第3の実施形態と異なっている。

【0084】

この第3の実施形態では、フォトダイオード等のモニタフォトディテクタ11をZ-カットLN基板1から信号光用単一モード光ファイバ7の長手方向に離すことにより、放射

ルリセツム取ツる世間が、より高ク用半一モードルノファイバに光がより離れるので、フォトダイオード等のモニタフォトディテクタ 11 を実装することがさらに容易となる。

【0085】

〔第5実施形態〕

図10は、本発明によるモニタフォトディテクタ付き光変調器の第5の実施形態として適用されるLN光変調器の要部の構成を示す上面図である。

【0086】

この第5の実施形態においては、ミラー部12を有するガラスブロック13をz-cut LN基板1に貼り付けていることにより、放射光6aの光軸を放射光6eの光軸のように曲げた後、フォトダイオード等のモニタフォトディテクタ11で受光するようにしている。

【0087】

この第5の実施形態においては、以上のような構造とすることにより、フォトダイオード等のモニタフォトディテクタ11を信号光用単一モード光ファイバ7とは独立に実装することができ、また任意の場所に実装することができる。

【0088】

なお、ガラスブロック13の代わりに光を通過することのできるその他のブロックを用いてもよいことは言うまでもない。

【0089】

〔第6実施形態〕

図11は、本発明によるモニタフォトディテクタ付き光変調器の第6の実施形態として適用されるLN光変調器の要部の構成を示す上面図である。

【0090】

この第6の実施形態は、合波光導波路2dの合波点2hから放射される放射光6a、6bのうち、片方を受光したい場合に使用できる。

【0091】

そして、この第6の実施形態では光を吸収する吸収媒質である光吸収用金属16を用いて、放射光6bのパワーをなるべく小さくしている。

【0092】

なお、z-cut LN基板1上の光吸収用金属16を形成する箇所を予めエッチングして掘り下げるとともに、その掘り下げた箇所に光吸収用金属16を形成することにより、z-cut LN基板1内を斜め下に放射される放射光を大きく吸収することができる。

【0093】

但し、この場合には、フォトダイオード等のモニタフォトディテクタ11による受光パワーが半減するので、これまで説明してきた実施形態ほどには有効ではないが、本発明の実施形態としての動作を行うことは可能である。

【0094】

また、このように、放射光6a、6bのうち、片方を吸収すると、反射光を利用してフォトダイオード等のモニタフォトディテクタ11を動作をさせる場合には、放射光6eと6fの干渉を効果的に抑圧できることになる。

【0095】

以上の説明においては、LN基板としてz-cut LN基板である場合について説明したが、x-cut基板あるいはy-cut LN基板など各種基板を用いても良い。また、キャピラリー10dを介して信号光用単一モード光ファイバ7をz-cut LN基板1の端面に固定する方法について述べたが、その代わりにレンズを用いる光学系でも良い。また、出力光導波路2fをLN基板1の表面に平行な方向にずらす距離を適切に設定すれば、フォトダイオード等のモニタフォトディテクタ11をキャピラリー10dの後端に直接に設置することも可能である。さらに、z-cut LN基板1の端面は垂直として図示したが、斜めにしても良いことはいうまでもない。

【0096】

また、以上の説明においては、山ノル等収距は凹収ル等収距の凹収ルが凸至収の凹凹に向かって一定の距離真っ直ぐであるとしたが、基板表面に平行な方向に合波点から直ちに位置ずれさせても良い。さらに、出力光導波路のパターンは必ずしも略逆S字状である必要はないので、直線、円弧など、各種のパターンを用いることができるし、基板表面に平行な方向に位置ずれさせつつ基板端面まで形成してもよい。

【0097】

さらに、放射光6aもしくは6bの一方を伝搬させるための光導波路を設けても良いことは言うまでもない。さらに、信号光用単一モード光ファイバ7から遠ざかる方向に放射光を伝搬させるこの光導波路を曲げることにより、LN変調器基板端面において信号光用単一モード光ファイバ7と放射光との距離を一層大きくすることが可能となる結果、フォトダイオード等のモニタフォトディテクタの実装をさらに容易とすることができる。

【0098】

さらに、以上の説明においては、電極としてコプレーナウェーブガイド(CPW)型の進行波電極を想定したが、非対称コプレーナストリップ(ACPS)など、他の構造の進行波電極でも良いし、もちろん集中定数型電極でも良い。

【0099】

また、以上の説明においては、基板としてLN基板を想定したが、リチウムタンタレートなどその他の誘電体基板、さらには半導体基板でも良い。

【図面の簡単な説明】

【0100】

【図1】図1は、本発明によるモニタフォトディテクタ付き光変調器の第1の実施形態として適用されるLN光変調器の構成を示す斜視図である。

【図2】図2は、信号光用単一モード光ファイバ7側から見た図1の側面図である。

【図3】図3は、図1の上面図である。

【図4】図4は、第1の実施形態として適用されるLN光変調器において、放射光6e、6fが空間を伝搬した際の放射パターンを示しており、放射光6e、6fの干渉部が存在していないことを説明する図である。

【図5】図5は、本発明によるモニタフォトディテクタ付き光変調器の第1の実施形態として適用されるLN光変調器の要部の構成を示す上面図である。

【図6】図6は、本発明によるモニタフォトディテクタ付き光変調器の第3の実施形態として適用されるLN光変調器の構成を示す斜視図である。

【図7】図7は、信号光用単一モード光ファイバ7側から見た図6の側面図である。

【図8】図8は、第3の実施形態によるLN光変調器の具体的な構造を説明するために示す要部の上面図である。

【図9】図9は、本発明によるモニタフォトディテクタ付き光変調器の第4の実施形態として適用されるLN光変調器の要部の構成を示す上面図である。

【図10】図10は、本発明によるモニタフォトディテクタ付き光変調器の第5の実施形態として適用されるLN光変調器の要部の構成を示す上面図である。

【図11】図11は、本発明によるモニタフォトディテクタ付き光変調器の第6の実施形態として適用されるLN光変調器の要部の構成を示す上面図である。

【図12】図12は、特許文献1に開示されている第1の従来技術によるLN光変調器の構成を示す斜視図である。

【図13】図13は、図12に示すように構成されるLN光変調器の動作原理を説明するために示す図である。

【図14】図14は、図12に示すように構成されるLN光変調器の動作原理を説明するために示すDCバイアス電圧—光出力特性曲線図である。

【図15】図15は、信号光用単一モード光ファイバ7側から見た光信号のOFF状態の様子を示す図である。

【図16】図16は、信号光用単一モード光ファイバ7と放射光受光用光ファイバ8とを実装することが非常に難しいことを説明するために示す図である。

【図 1 7】図 1 7 は、第 1 の従来技術による L N 光変調器の問題を解決する構造として、第 2 の従来技術による L N 光変調器の要部の構成を示す上面図である。

【図 1 8】図 1 8 は、放射光 6 a、6 b がモニターフォトダイオード等のモニターフォトディテクタ 1 1 へ入射するときに、互いに、干渉することを説明するために示す図である。

【図 1 9】図 1 9 は、放射光 6 c、6 d の位相が約 1 8 0 度異なっている様子を説明するために示す図である。

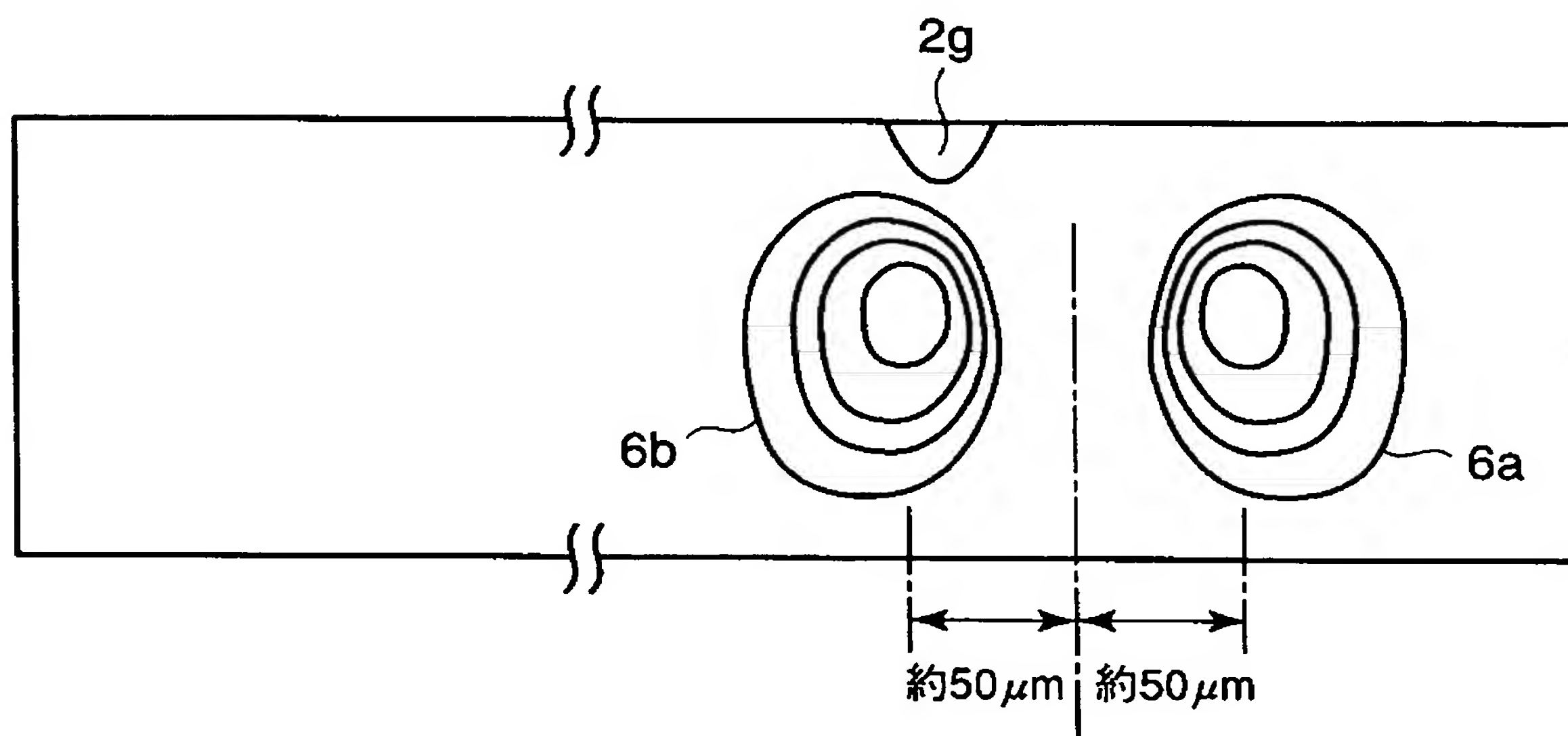
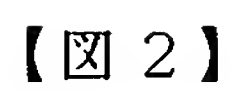
【図 2 0】図 2 0 は、放射光 6 c と 6 d の位相が互いに 1 8 0 度異なっている場合に、それらの重なり部にはそのパワーが零となる箇所があること、温度変化の結果、放射光 6 c、6 d の位相差は 1 8 0 度とは異なってくるため、放射光 6 c と 6 d の重なり部はどの箇所においても零とはならないことを説明するために示す図である。

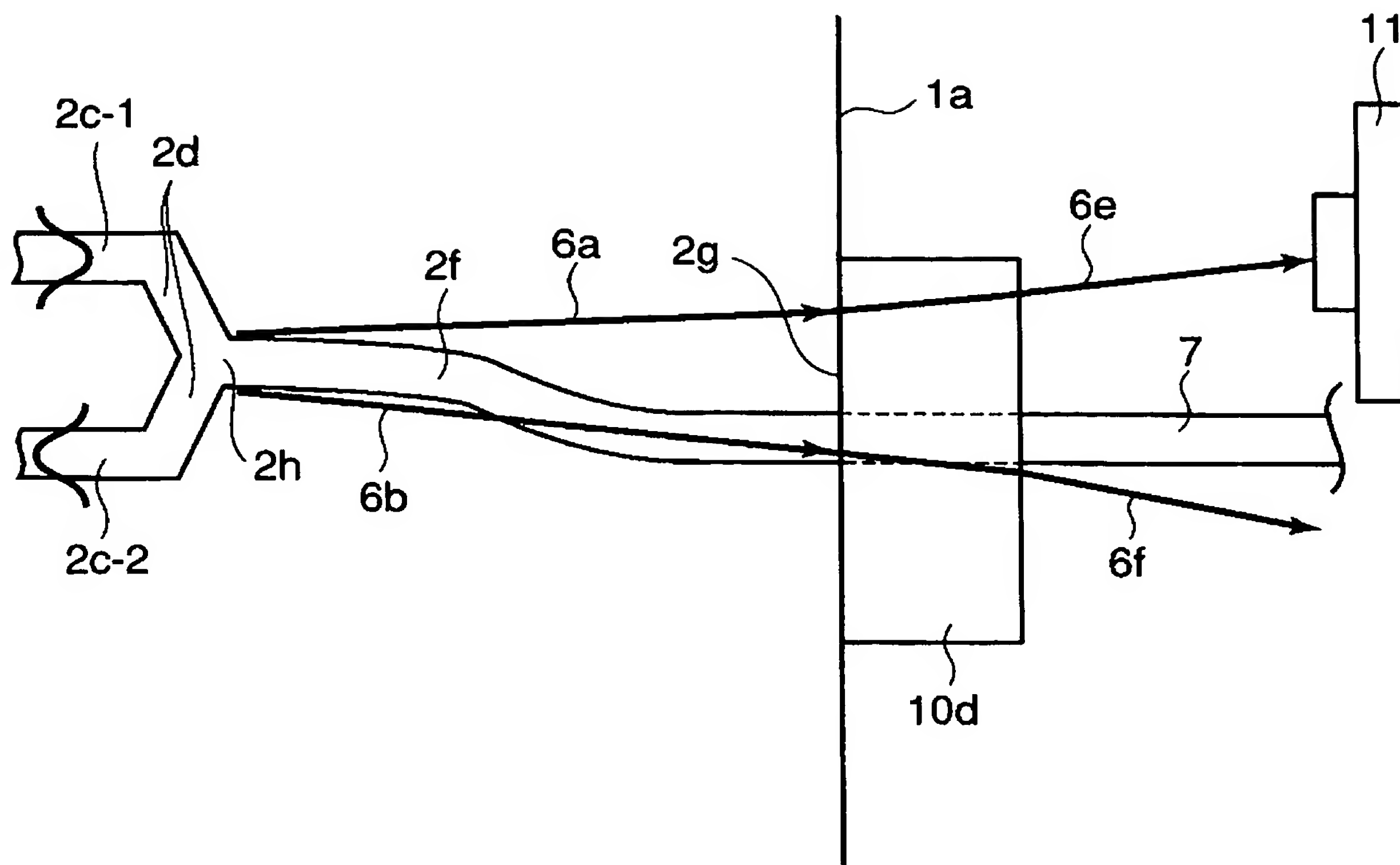
【図 2 1】図 2 1 は、第 2 の従来技術による L N 光変調器の問題を解決する構造として、第 3 の従来技術による L N 光変調器の要部の構成を示す上面図である。

【符号の説明】

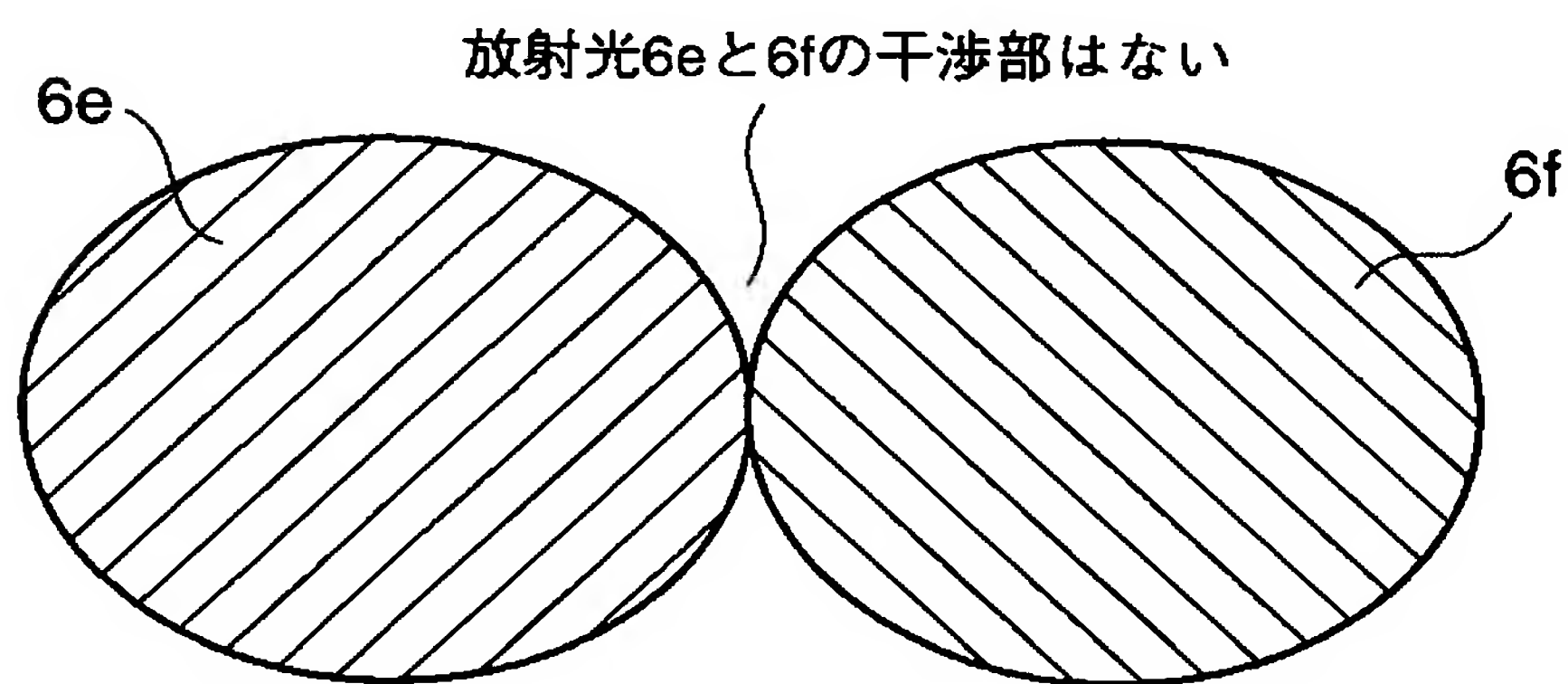
【 0 1 0 1 】

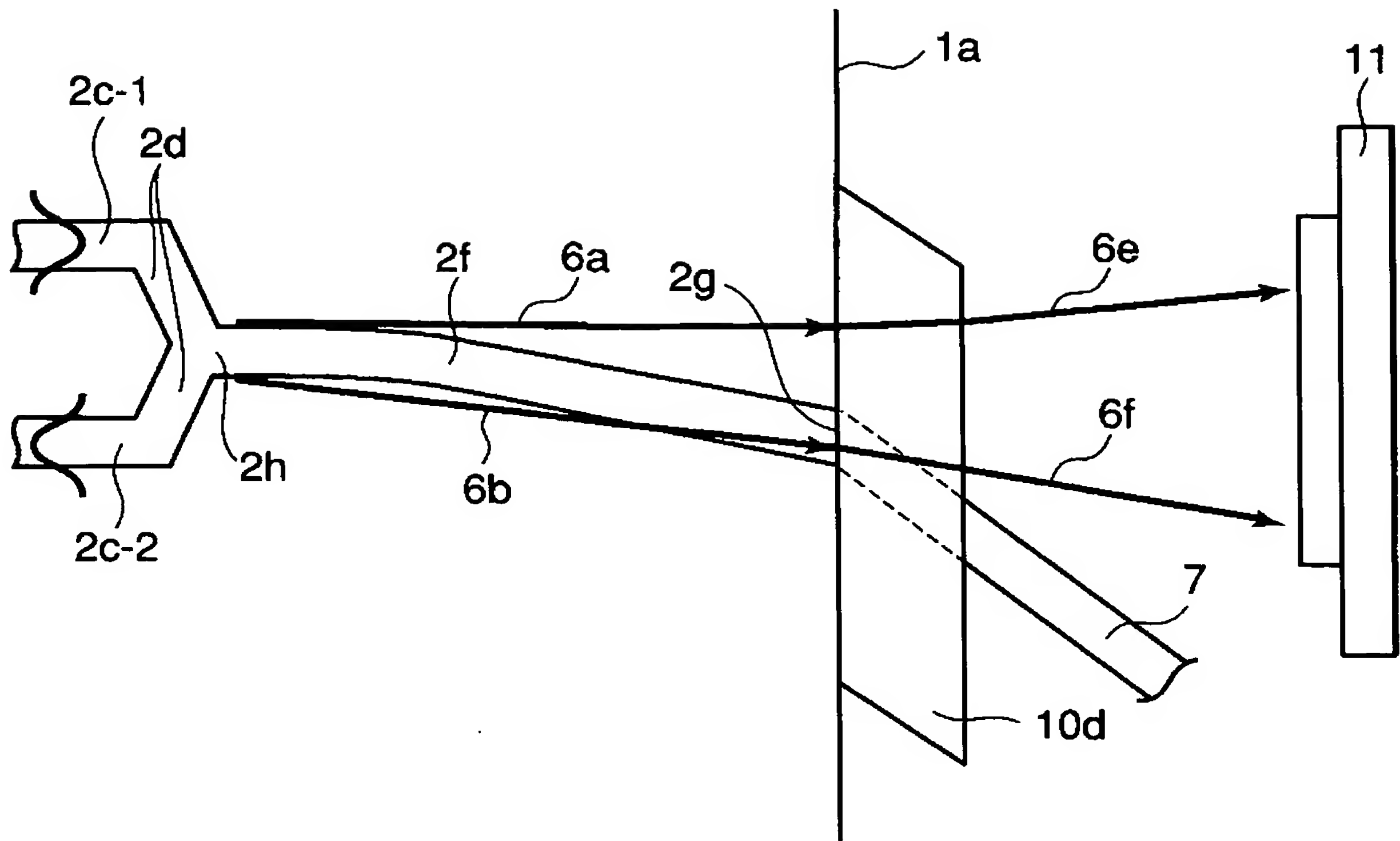
- 1 : z-カット L N 基板、
- 1 a : 基板端面、
- 2 : マッハツェンダ型の光導波路、
- 2 a : 入力光導波路、
- 2 b : Y 分岐型の分岐光導波路、
- 2 c-1, 2 c-2 : 相互作用光導波路、
- 2 d : Y 分岐型の合波光導波路、
- 2 e, 2 f : 出力光導波路、
- 2 g : 出力光導波路の端部、
- 2 h : 合波光導波路の合波点、
- 3 : 電気信号源、
- 4 : 進行波電極の中心電極、
- 5 a, 5 b : 接地電極、
- 6 a, 6 b, 6 c, 6 d, 6 e, 6 f : 放射光、
- 7 : 信号光用単一モード光ファイバ、
- 8 a, 8 b : 放射光受光用光ファイバ、
- 9 : 放射光検出手段、
- 1 0 a, 1 0 b, 1 0 c, 1 0 d : キャピラリー、
- 1 1 モニターフォトダイオード、
- 1 2 : ミラー、
- 1 3 : ガラスブロック、
- 1 4, 1 5 : キャピラリー後端傾斜面に反射面として形成される誘電体多層膜、
- 1 6 : 光吸収用金属



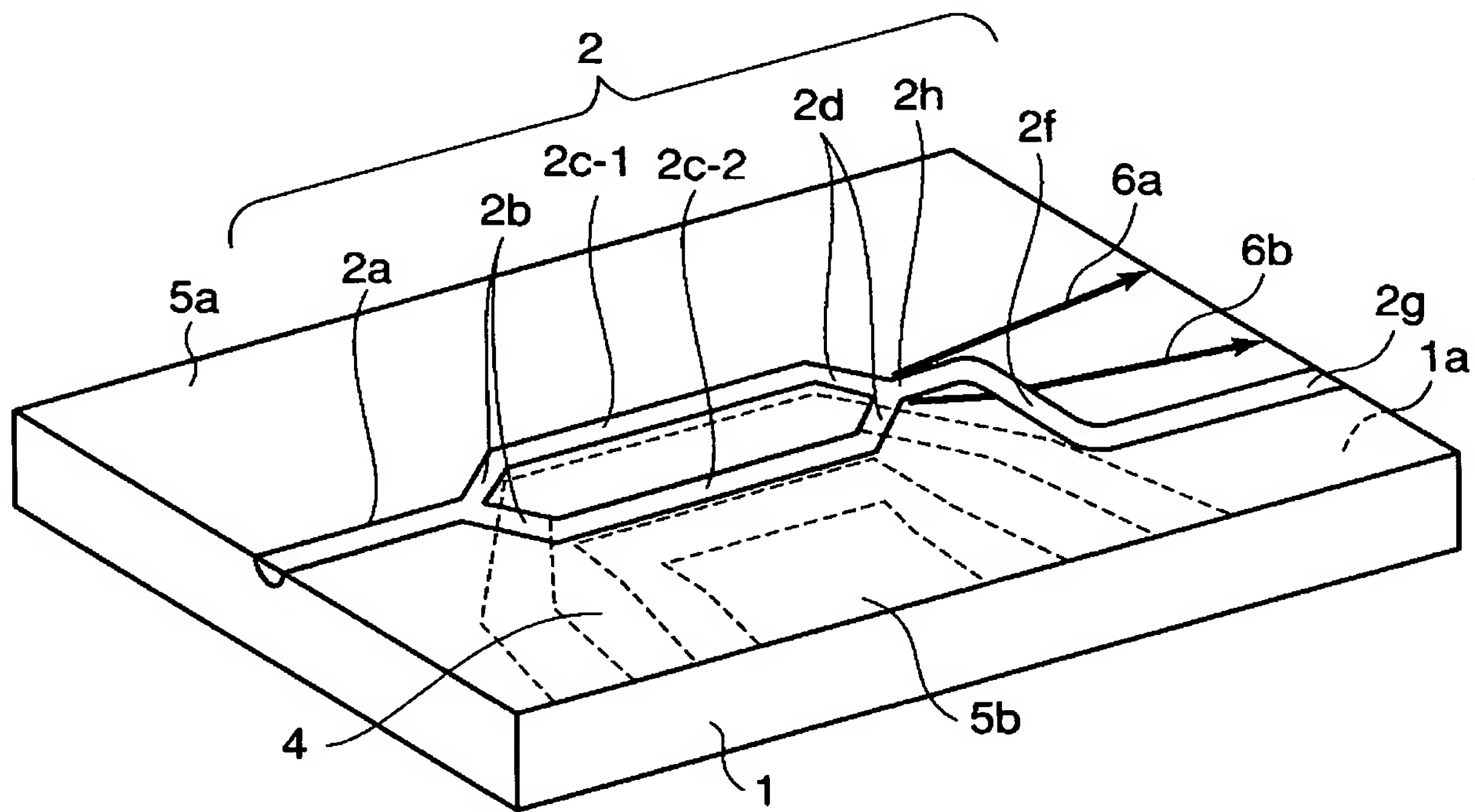


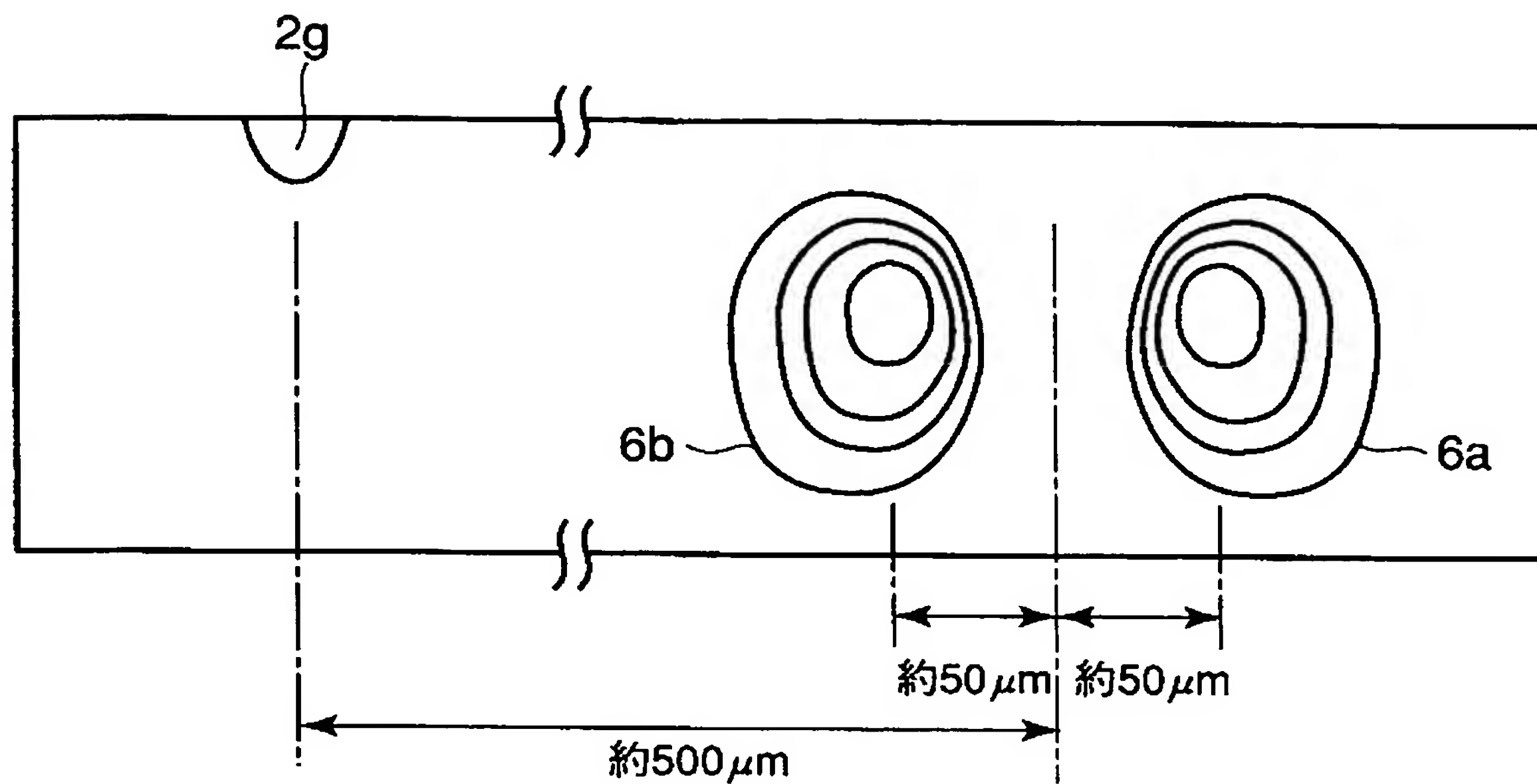
【 図 4 】



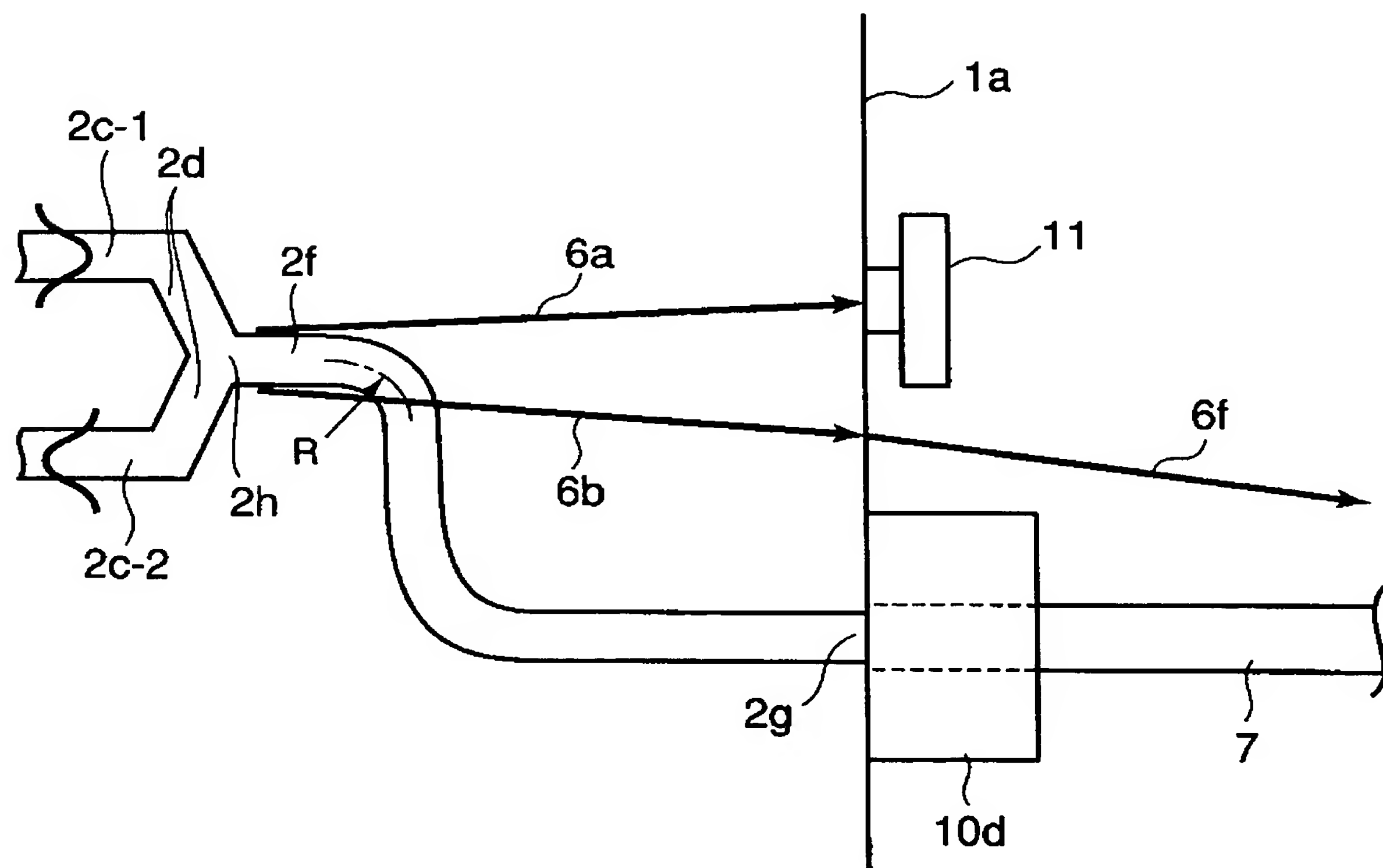


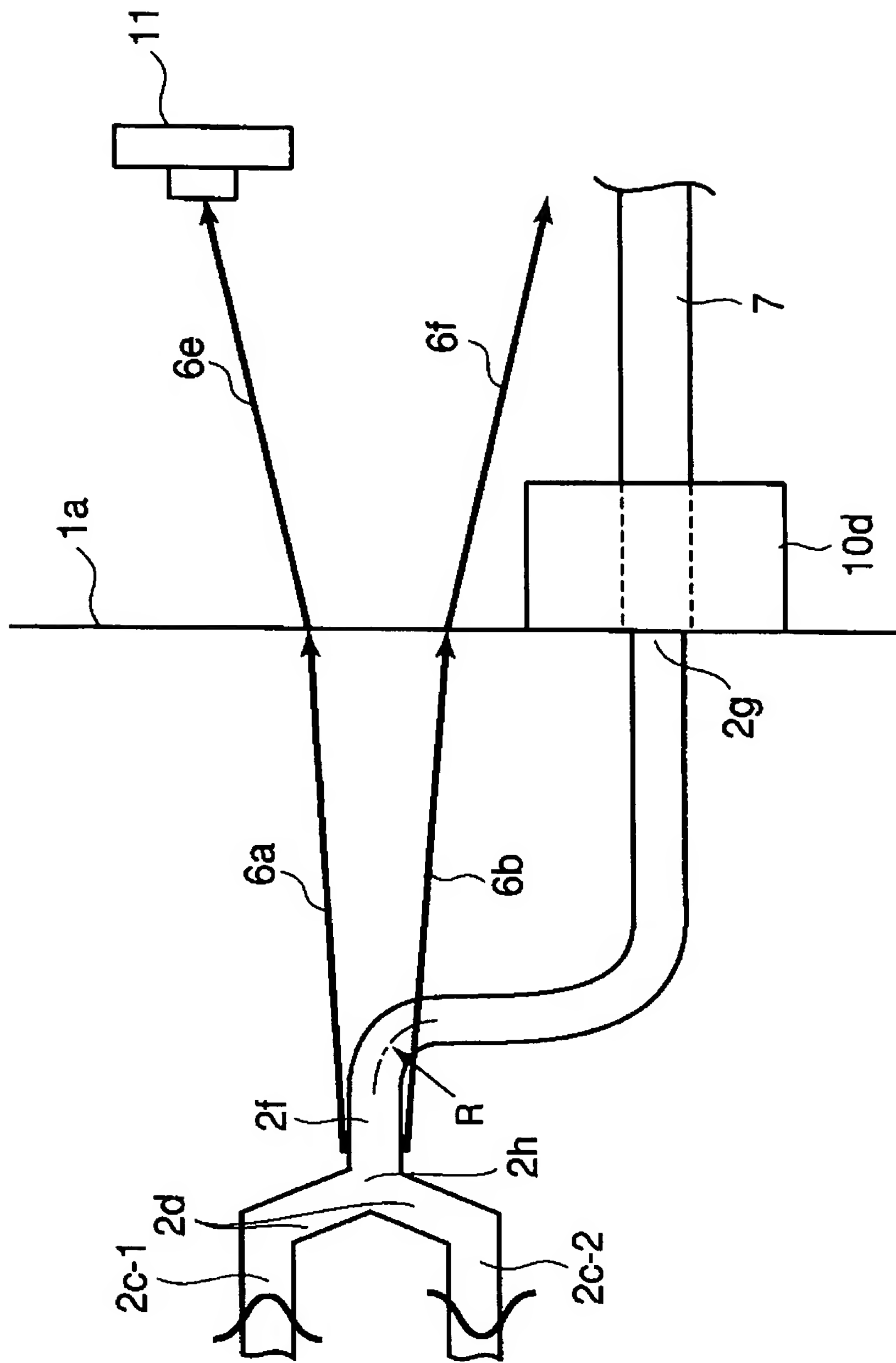
【図 6】

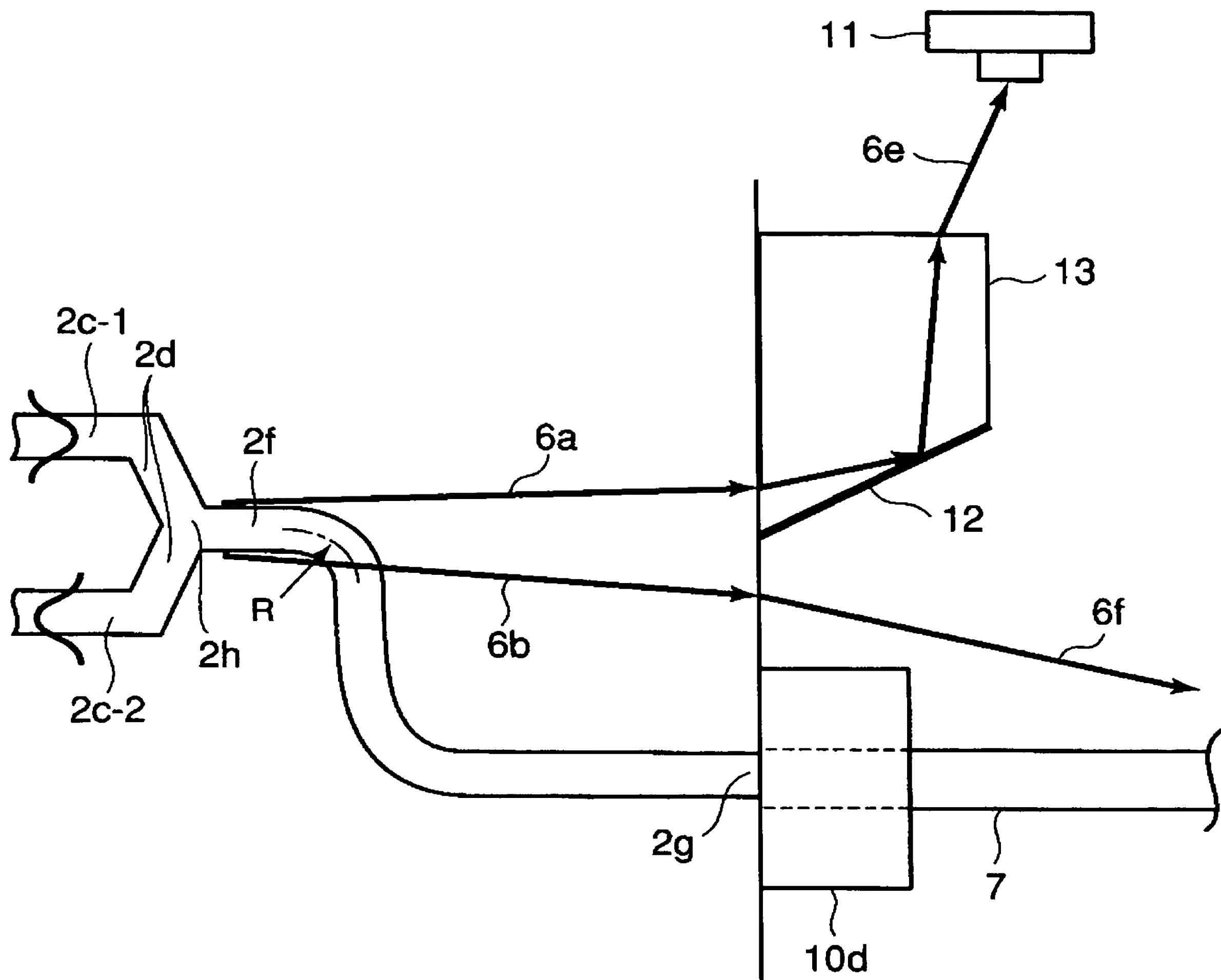


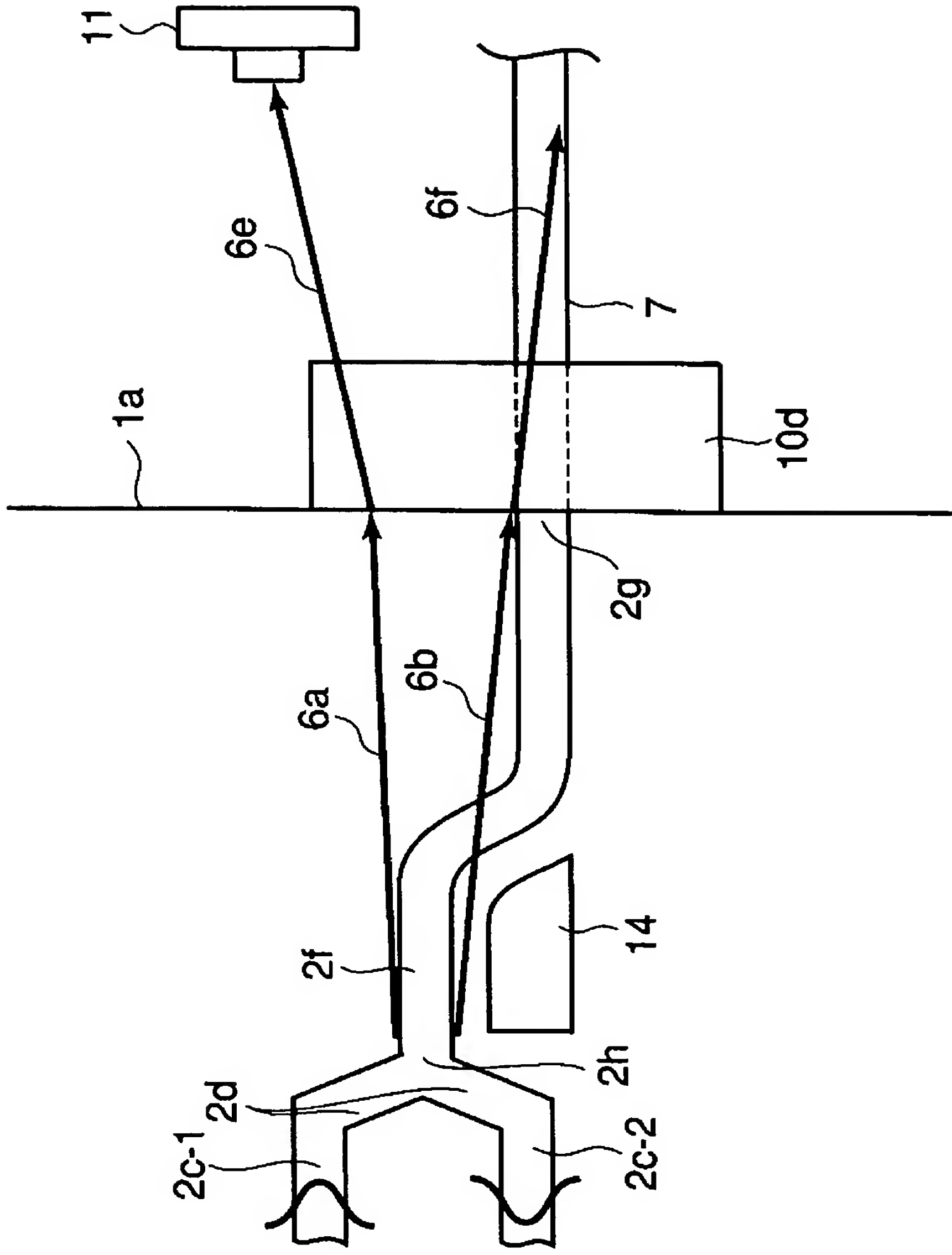


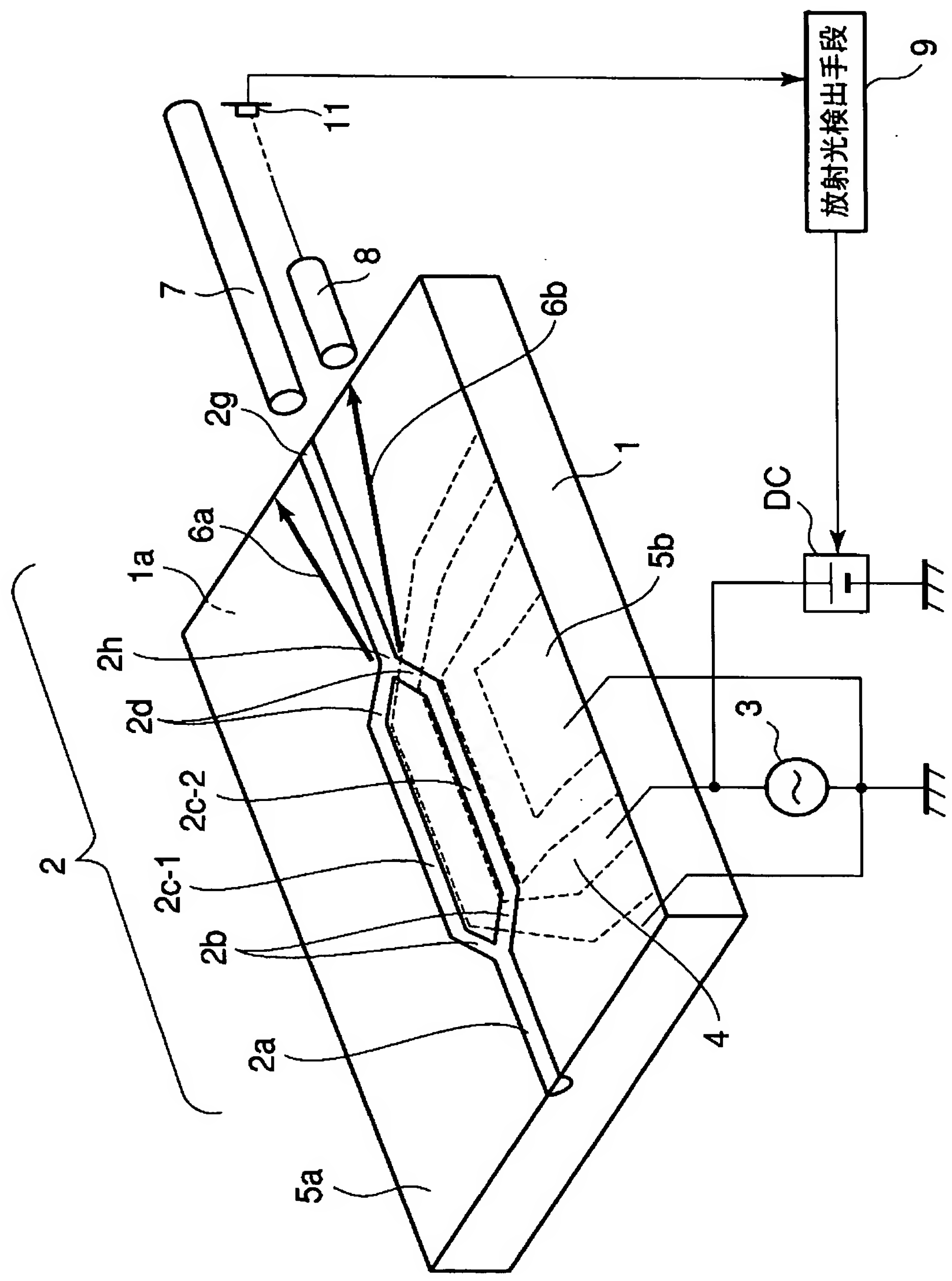
【 図 8 】

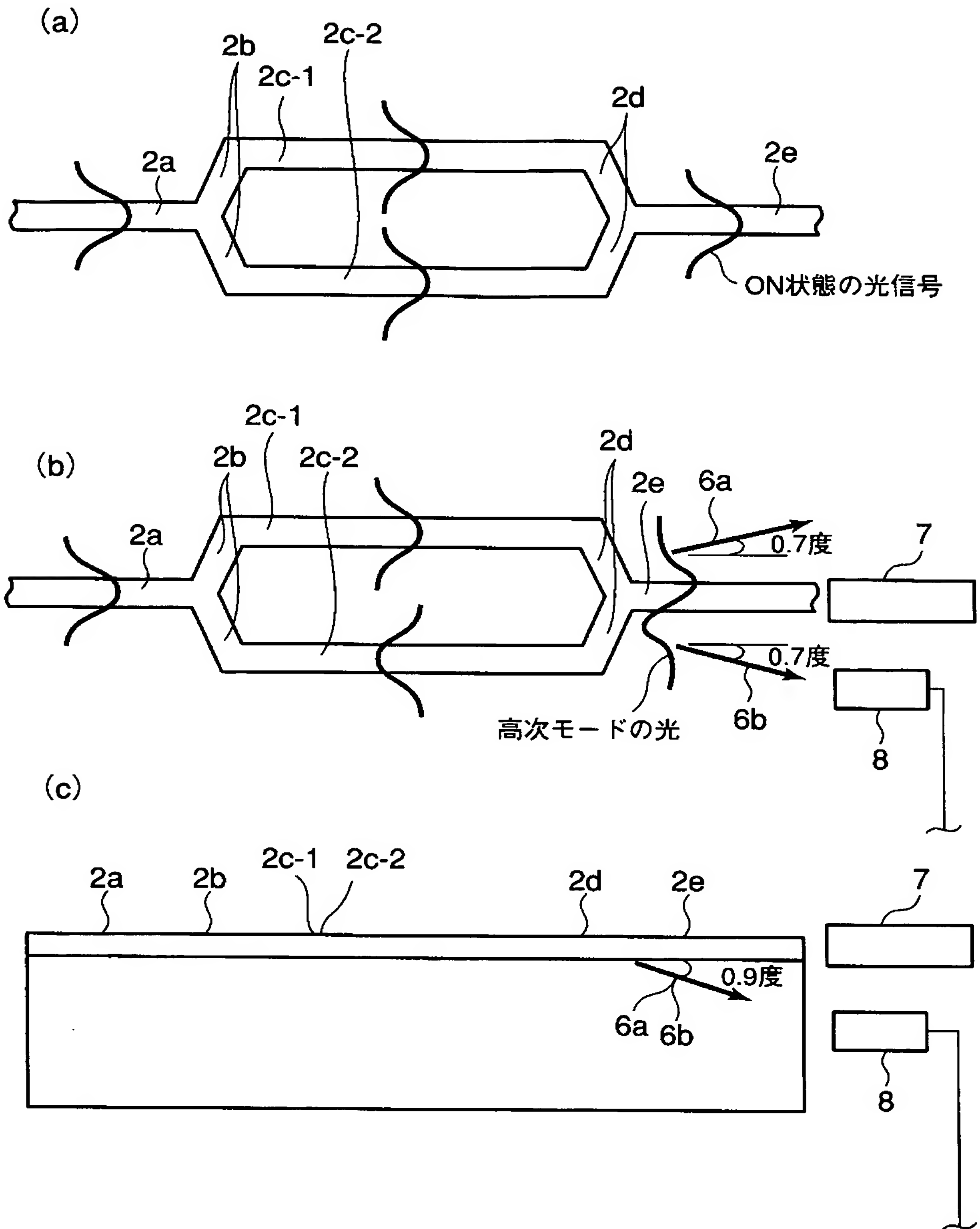


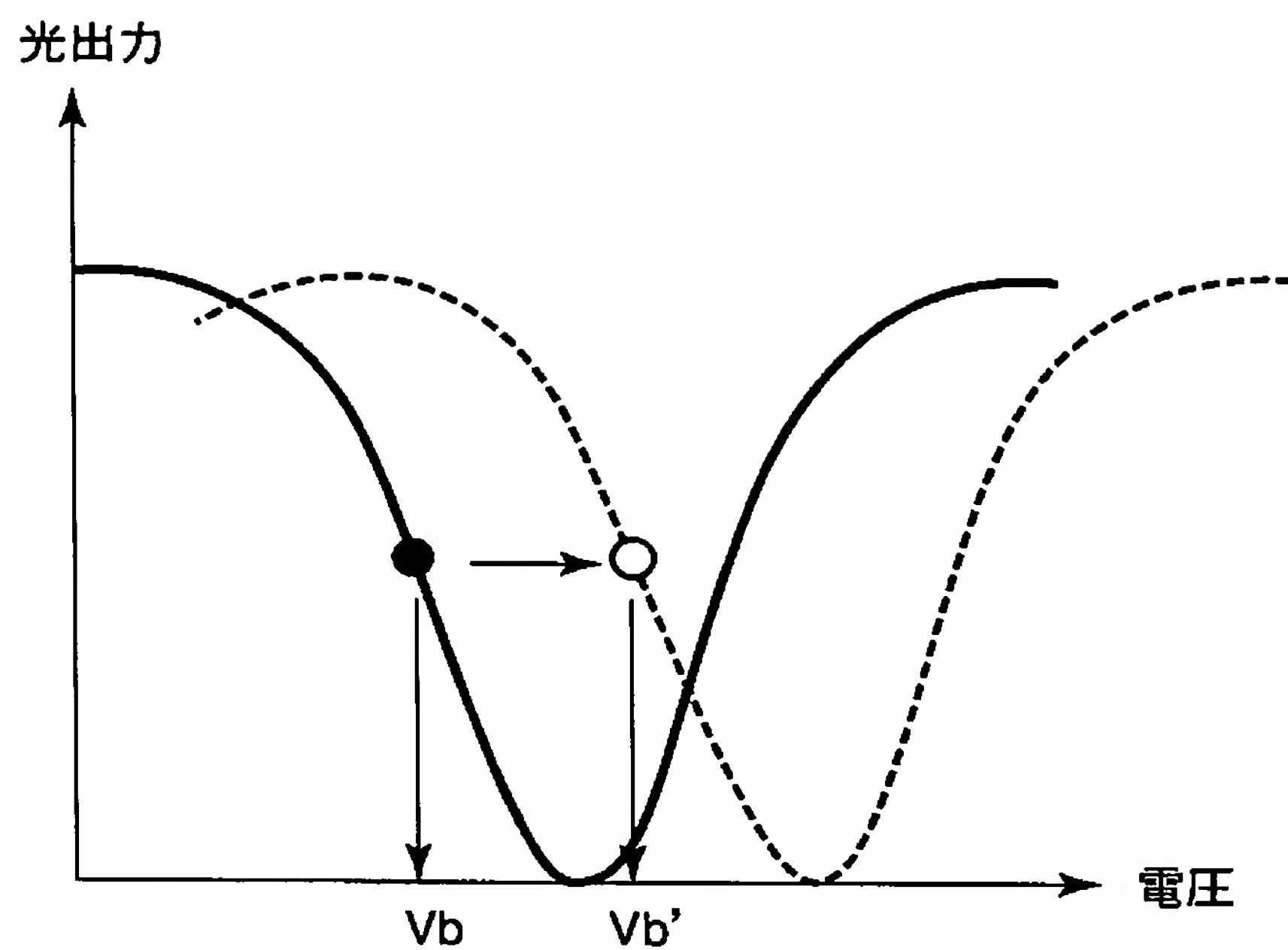




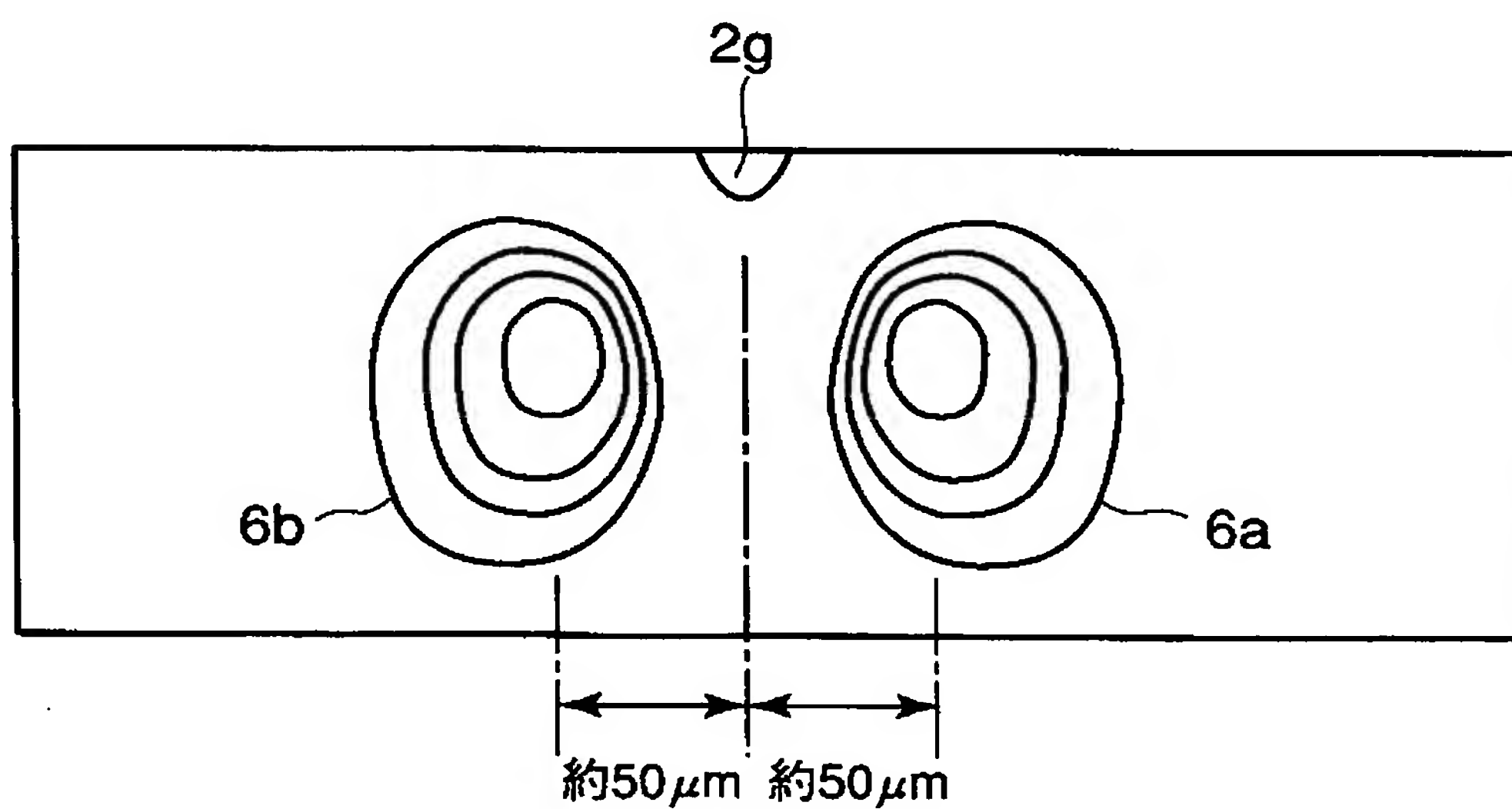


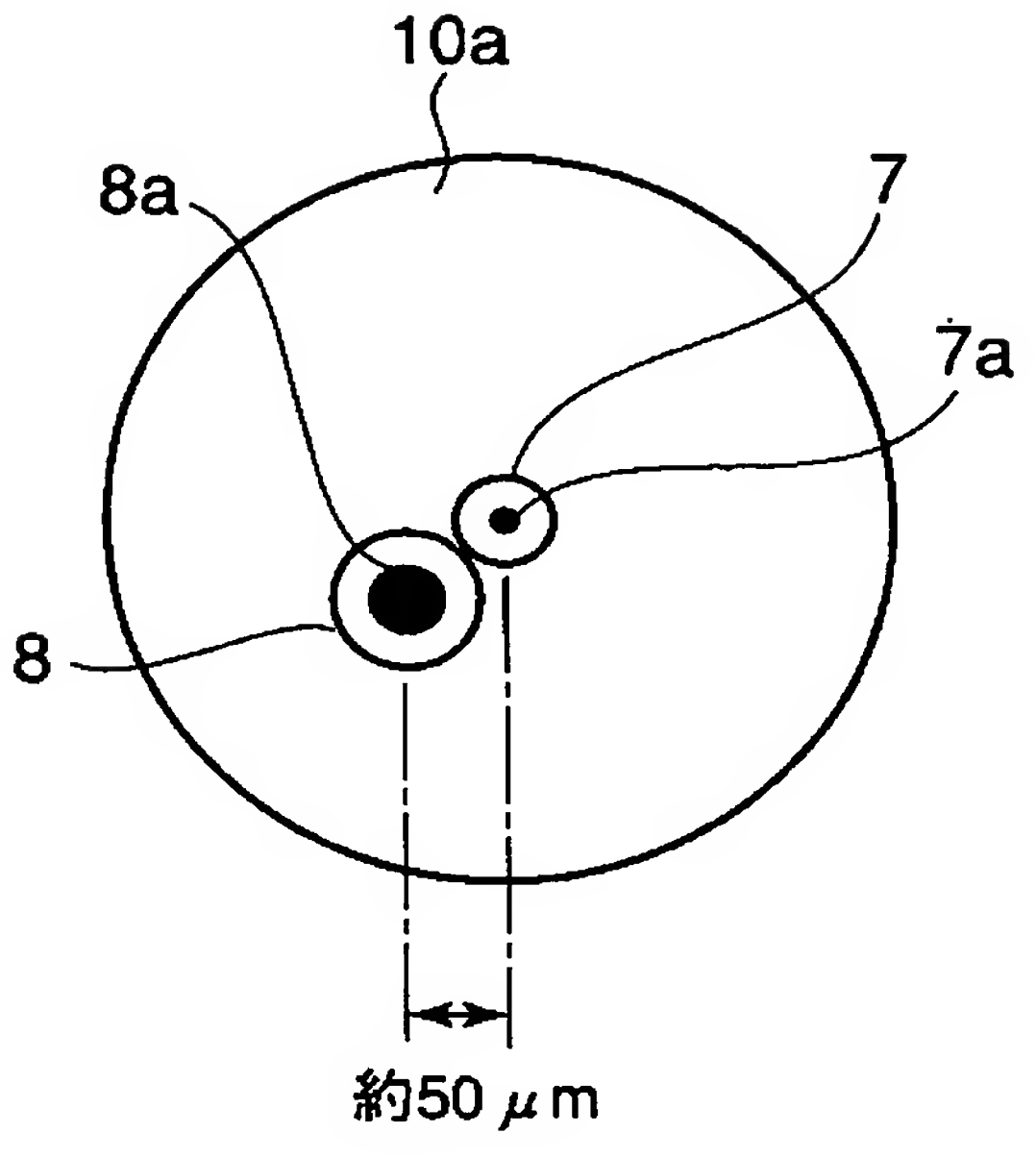




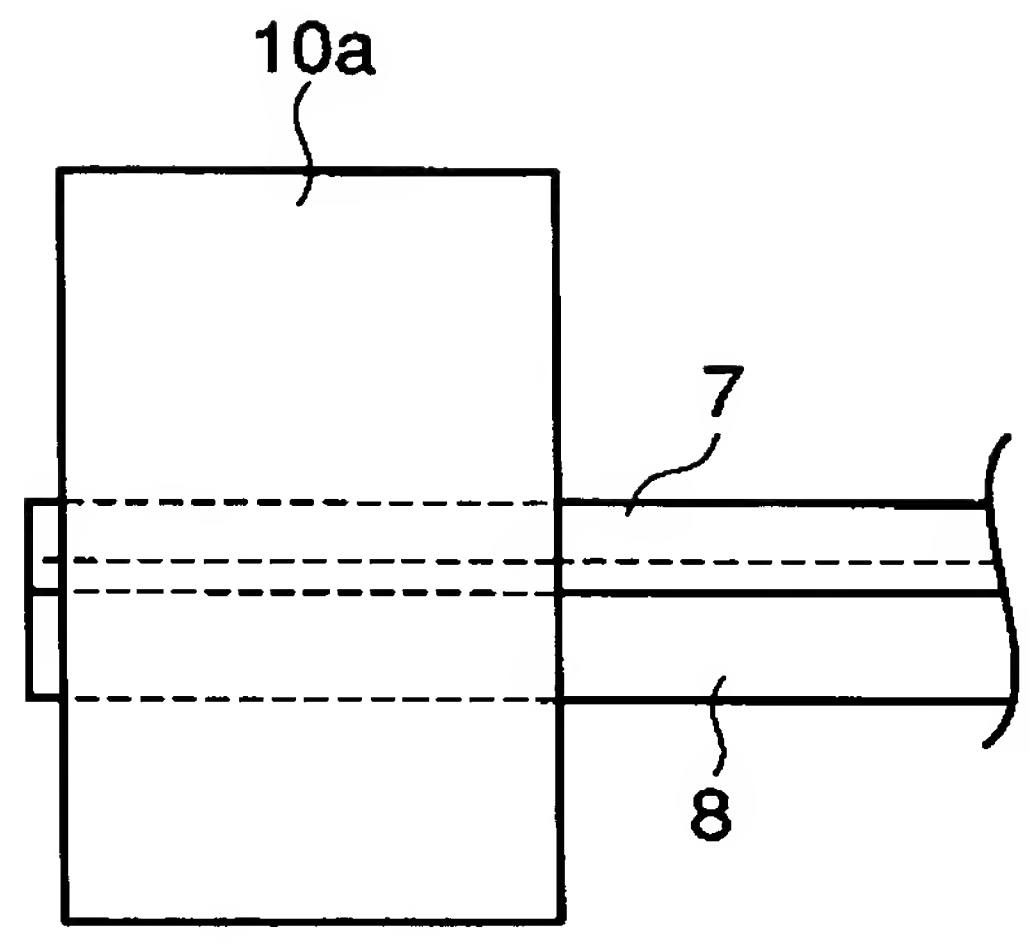


【 図 1 5 】

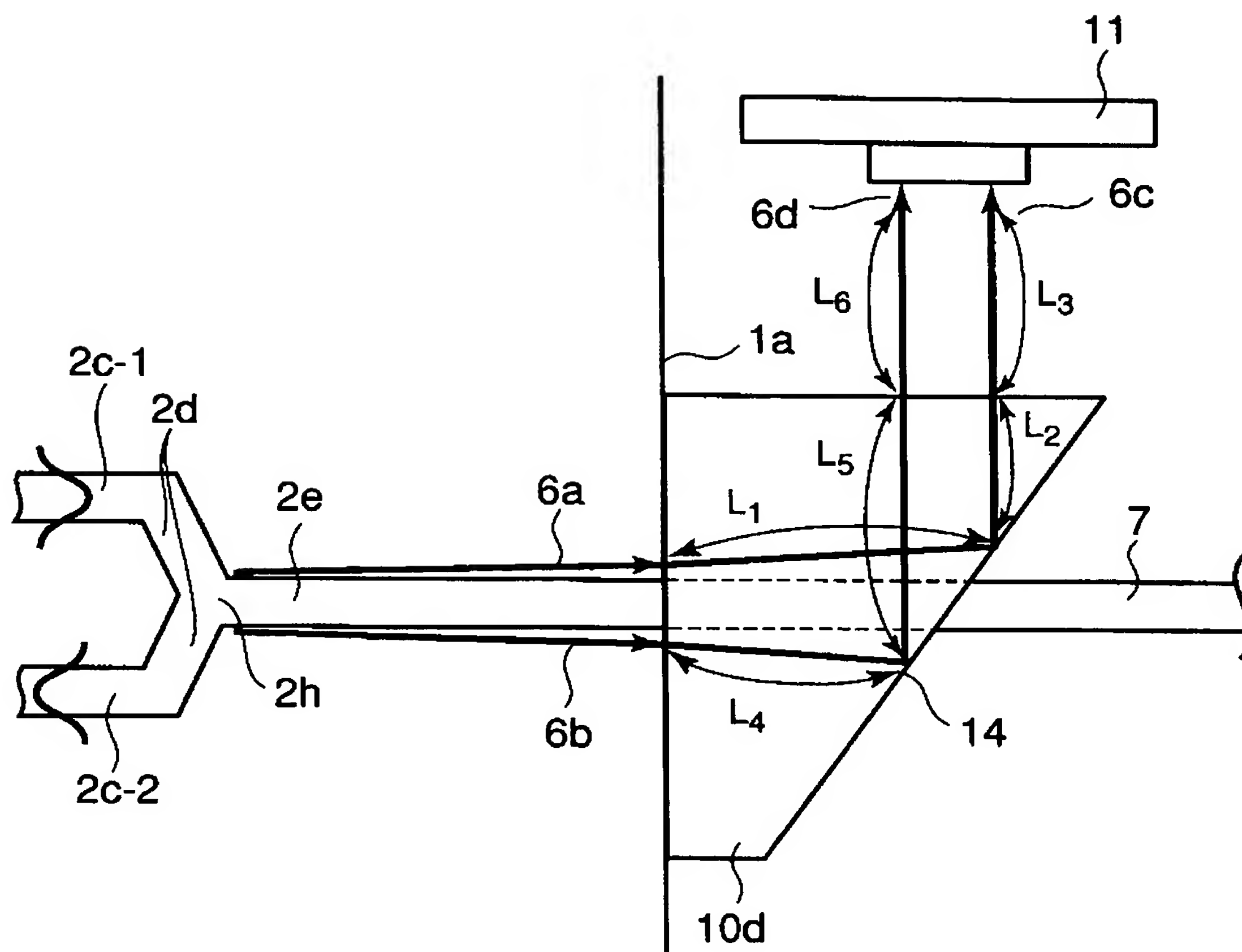




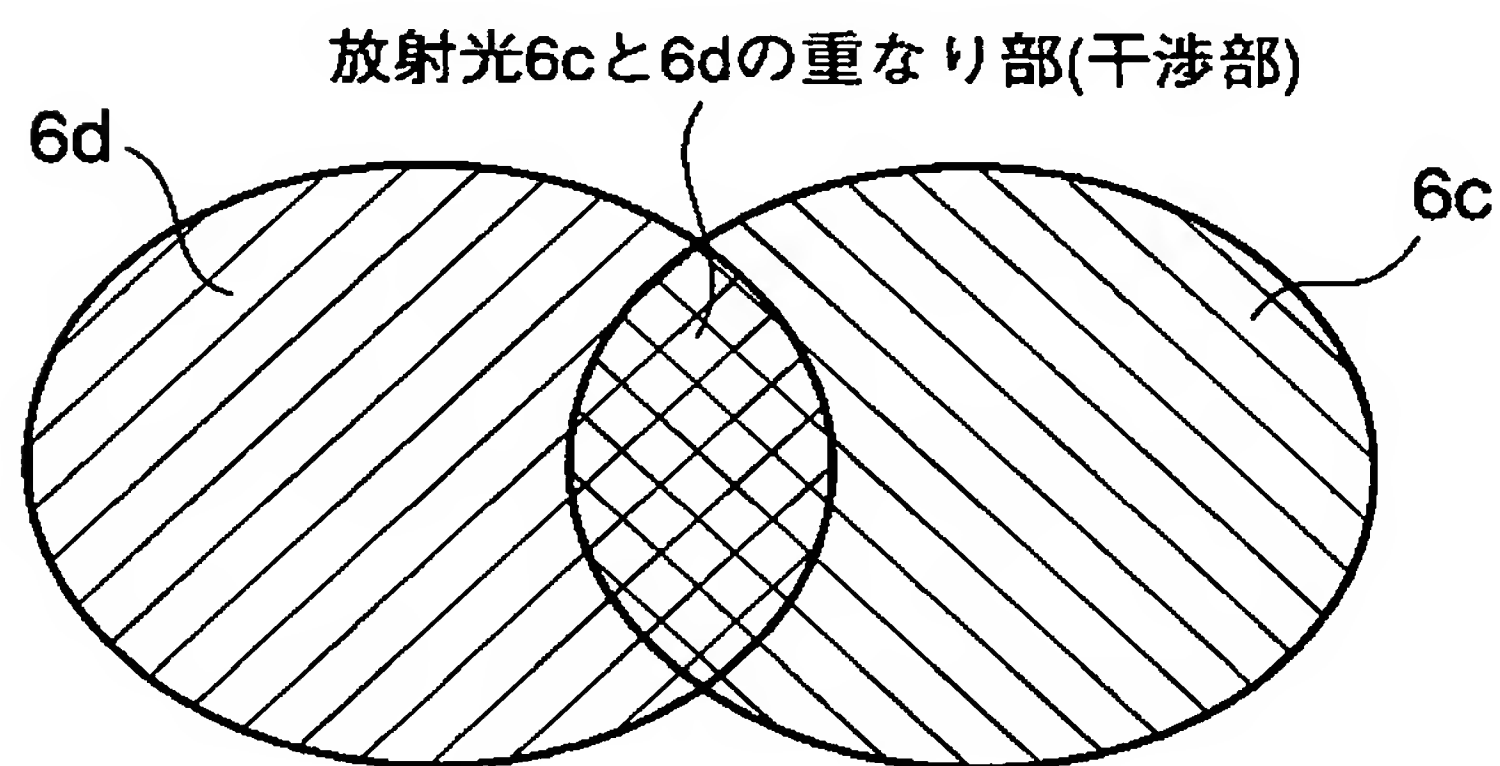
(a)

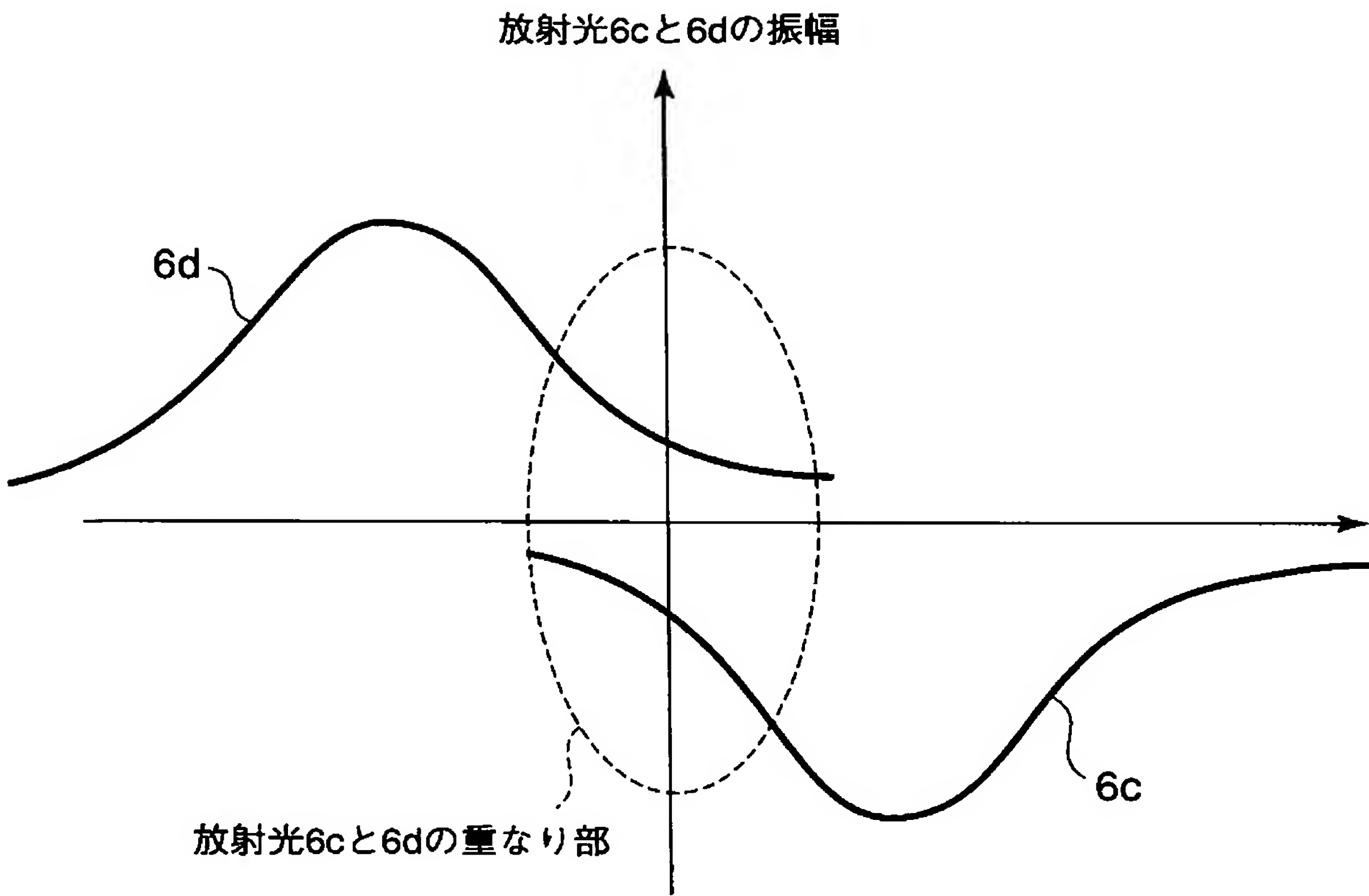


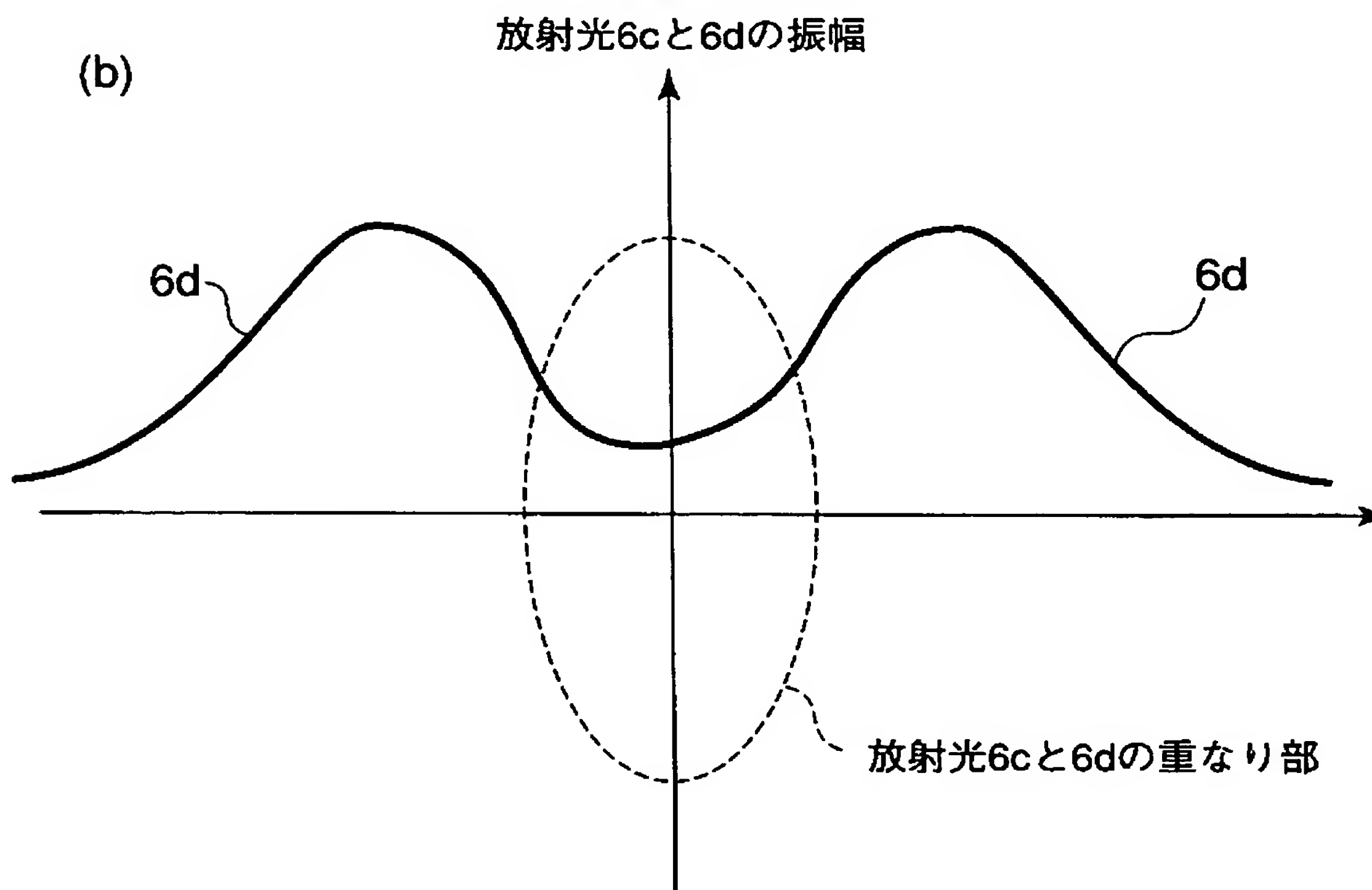
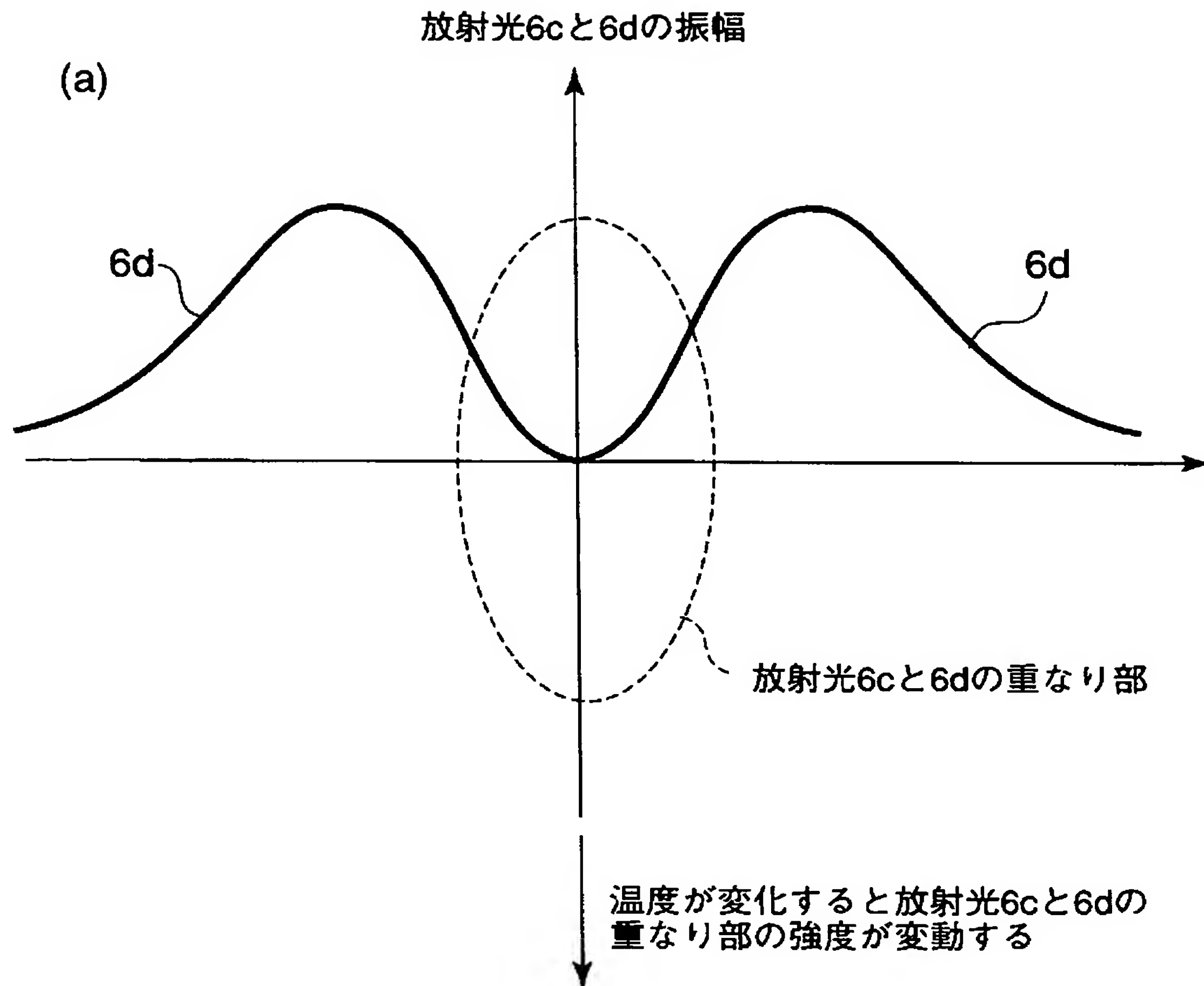
(b)

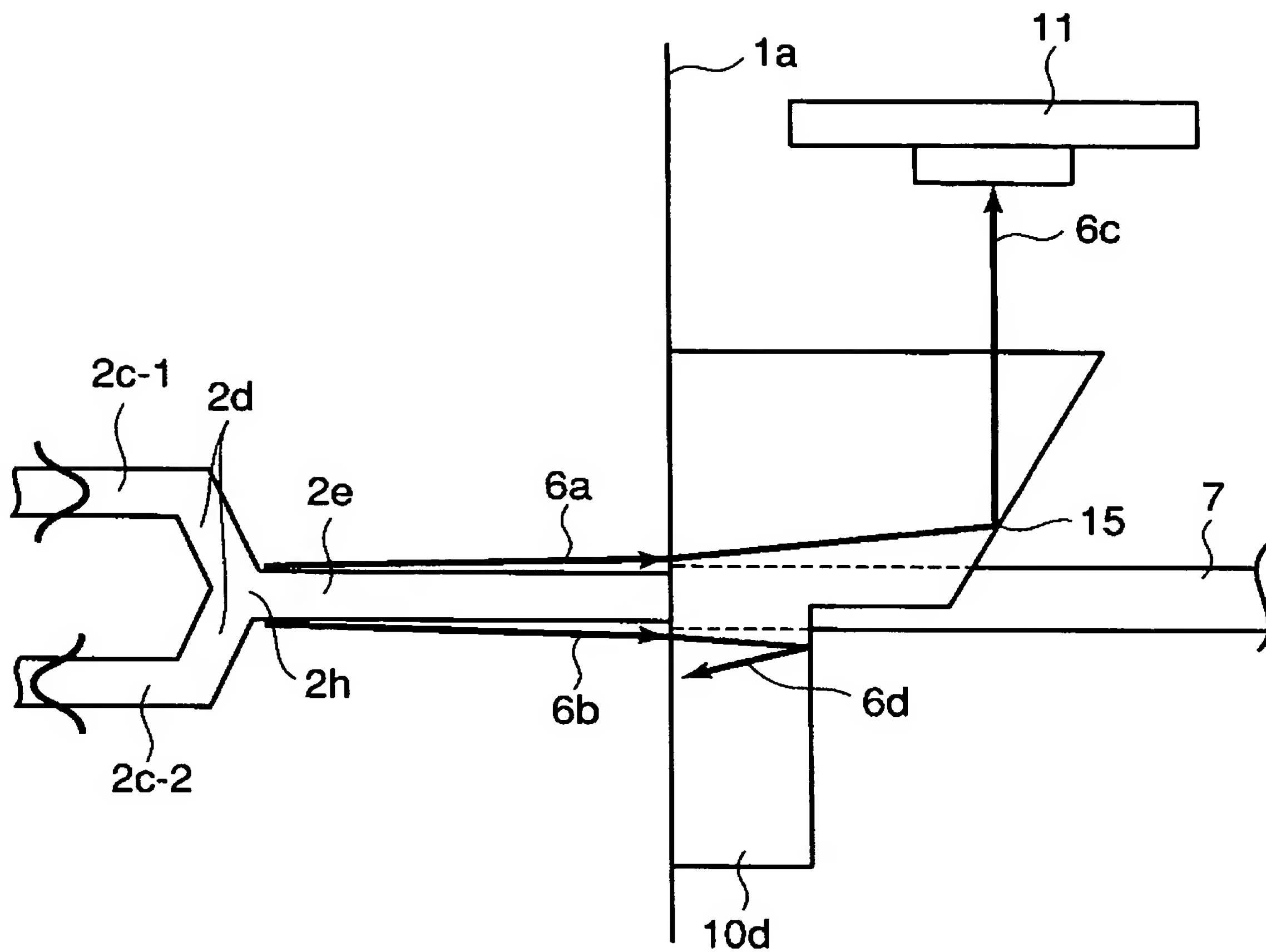


【 図 1 8 】









【要約】

【課題】 本発明は、モニタフォトディテクタの実装を容易にするともに、小型で動作状態が安定なモニタフォトディテクタ付き光変調器を提供する。

【解決手段】 本発明によると、基板（１）と、光導波路（２）と、中心電極（４）及び接地電極（５ a、５ b）とを具備し、前記光導波路は、入力光導波路（２ a）と、分岐光導波路（２ b）と、相互作用光導波路（２ c－１、２ c－２）と、合波光導波路（２ d）と、合波点（２ h）と、出力光導波路（２ f）とから構成されていて、位相変調された光が前記合波光導波路において合波されて生成される高次モードが前記出力光導波路をほとんど伝搬せずに前記基板内に前記合波点から放射光（６ a、６ b）として放射される光変調器において、前記光変調器の前記基板内に前記合波点から放射される前記放射光（６ a、６ b）を検出するモニタフォトディテクタ（１ １）を実装するためのスペースを確保できるように、前記基板の前記出力光導波路側の基板端部（１ a）における前記放射光の光軸と前記出力光導波路の端（２ g）とが所定距離離れて位置するように、前記出力光導波路が変形して形成されているモニタフォトディテクタ付き光変調器が提供される。

【選択図】 図 1

0 0 0 0 0 0 5 7 2

20030627

住所変更

神奈川県厚木市恩名 1 8 0 0 番地

アンリツ株式会社

BEST AVAILABLE COPY

Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/JP05/010509

International filing date: 08 June 2005 (08.06.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: JP
Number: 2004-378266
Filing date: 27 December 2004 (27.12.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 22 July 2005 (22.07.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse